

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Techniky zajištění komoditního rizika

Techniques of commodity risk hedging

Student: Bc. Denisa Vrebová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.

Ostrava 2010

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala pod vedením vedoucího diplomové práce samostatně a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Ostravě dne 27. dubna 2010

.....  
podpis

Ráda bych poděkovala Ing. Tomaši Tichému, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při realizaci této diplomové práce.

## Obsah

<b>1 ÚVOD</b>	<b>2</b>
<b>2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH KOMODITNÍCH DERIVÁTŮ</b>	<b>4</b>
2.1 VÝZNAM KOMODIT	4
2.2 CHARAKTERISTIKA DERIVÁTŮ	5
2.2.1 Forward	6
2.2.2 Futures	8
2.2.3 Swap	9
2.2.4 Opce	9
2.3 STOCHASTICKÉ PROCESY	18
2.4 METODY OCEŇOVÁNÍ OPCÍ	21
2.4.1 Black-Scholes-Merton model oceňování opcí	21
<b>3 VYMEZENÍ FINANČNÍHO RIZIKA A HEDGINGOVÝCH STRATEGIÍ</b>	<b>27</b>
3.1 VYMEZENÍ FINANČNÍHO RIZIKA	27
3.1 ZAJIŠTĚNÍ FORWARDEM	30
3.2 CALL OPCE	31
3.3 PASIVNÍ STRATEGIE	35
<b>4 APLIKACE HEDGINGOVÝCH STRATEGIÍ PŘI ELIMINACI KOMODITNÍHO RIZIKA U VYBRANÉ SPOLEČNOSTI</b>	<b>37</b>
4.1 VSTUPNÍ INFORMACE	37
4.2 ODHAD PARAMETRŮ VÝVOJE CENY PLYNU	40
4.3 SIMULACE CENY PLYNU	42
4.4 OCENĚNÍ FINANČNÍCH INSTRUMENTŮ	43
4.4.1 Ocenění swapu	43
4.4.2 Ocenění opcí	45
4.5 APLIKACE HEDGINGOVÝCH STRATEGIÍ	49
4.5.1 Krytá pozice	50
4.5.1 Pasivní strategie	51
4.5.2 Uzavření swapového kontraktu	52
4.5.3 Uzavření forwardového kontraktu	54
4.5.4 Call opce	55
4.5.5 Asijské opce	56
4.5.6 Bariérové opce	58
4.6 ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH STRATEGIÍ	60
4.6.1 Zhodnocení podle stanovených kritérií	60
4.6.2 Zhodnocení na základě vztahu výnos a riziko	64
4.6.3 Zhodnocení podle vztahu investora k riziku	65
4.7 SHRNUTÍ	66
<b>5 ZÁVĚR</b>	<b>68</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>70</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ</b>	<b>72</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>73</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>74</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>76</b>

# 1 Úvod

Trhy s komoditními zdroji jsou extrémně důležité pro zemědělský průmysl a činnosti s nimi související jako je výroba, zpracování a následná spotřeba, dále pro energetický průmysl a další. Tyto trhy hrají hlavní roli v ekonomickém rozvoji, mezinárodním obchodě, v celosvětové ekonomice a politické stabilitě. Internacionalizace, působivý růst a rozvoj průmyslu v Číně, Indii a v dalších zemích jihovýchodní Asie významně zvyšuje celkovou poptávku po komoditních zdrojích a zapříčiňuje zvyšování cen.

U komodit sledujeme změny cen promítající se do všech cen zboží a služeb, které domácnosti a společnosti využívají. Tyto výkyvy cen lze považovat za zásadní měřítko široké veřejnosti ovlivňující dostupnost základních lidských potřeb. Mezi základní lidské potřeby určitě patří stravování, bydlení, vzdělávání, komunikace a mnohé další.

Obchodování s komoditami bylo mnohem dříve, než vznikly peníze. V současné době se obchoduje s různými druhy komodit, mezi ně patří obilí, cukr, kakao, pomerančová šťáva, zvířectvo, různé druhy kovů dále pak energie, do nichž lze zařadit ropu, benzín, topný olej, uhlí, zemní plyn a další.

Právě poslední zmiňovaná komodita bude popsána v následujícím textu. Zemní plyn lze považovat za jedno z přírodních bohatství obsahující uhlovodíkové plyny, oxid uhličitý a dusík. Mezi uhlovodíkové plyny patří metan ( $\text{CH}_4$ ), který je důležitou sloučeninou podílející se 82 % až 95 %, etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) pohybující se mezi 2,5 až 7,5 %, propan s butanem je obsažen v menším podílu než ostatní sloučeniny. Oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) se pohybuje mezi 0,2 až 1 % na celkovém objemu a dusík ( $\text{N}_2$ ) se podílí v rozmezí 1,5 % až 15 %.

Kvalita plynu se odhaduje podle spalného tepla a může se pohybovat mezi 33 až 40  $\text{MJ/m}^3$ . Produkce podporuje průmysl zemního plynu a zahrnuje zkoumání, rozvoj, získávání a zpracování plynu.

V liberalizovaném prostředí se cena zemního plynu skládá ze dvou částí. Z regulované složky dané Energetickým regulačním úřadem a ze složky neregulované určené smluvním vztahem mezi dodavatelem a odběratelem. Cena za přepravu a distribuci zemního plynu je součástí regulované složky. Mezi neregulované složky patří cena za uskladnění plynu v podzemních zásobnících plynu a za samotný odebraný zemní plyn. Výše těchto nákladů závisí na nabídce jednotlivých obchodníků s plynem.

Strukturální změny a nejistoty na finančních trzích nutí podniky ve finanční sféře i mimo ni efektivněji řídit finanční rizika. Riziko lze chápat jako faktor nejistoty, že situace

v budoucnu bude jiná, než plánovaná. Cena zemního plynu je ovlivněna několika faktory. Prvním z nich je vývoj konkurenčních komodit jako jsou topné oleje, černé uhlí a ropa na světových trzích. Právě ropa určuje vývoj ceny zemního plynu. Pokud dojde k cenovému propadu ropy, lze očekávat, že tato změna se v budoucnu promítne do cen zemního plynu. Druhým faktorem, který může negativně ovlivnit vývoj ceny plynu, je nepříznivý vývoj měnových kurzů CZK/EUR či CZK/USD. Specialisté zabývající se řízením rizik se snaží udržet riziko na předem stanovené úrovni prostřednictvím vhodných technik, nástrojů a usilují o maximalizaci zisku.

Zajištění je v dnešní dynamické době nepostradatelnou záležitostí a kromě eliminace případných ztrát z faktorů, které nemáme možnost ovlivnit, dochází i k přesnějšímu finančnímu plánování. Tím samozřejmě k menším výkyvům v hospodářských výsledcích. To představuje i větší důvěru pro věřitele.

Cílem diplomové práce je aplikovat vybrané metody na zajištění komoditního rizika plynoucí z pohybu ceny zemního plynu a následně zhodnotit jejich účinnost pomocí stanovených kritérií.

V první kapitole je nejprve vymezen pojem komodita a poté je uvedena charakteristika finančních derivátů. Jsou zde podrobněji popsány jednotlivé deriváty typu forward, futures, swap, opce včetně asijských a bariérových. Dále jsou definovány stochastické procesy a metody oceňování opcí zejména Black-Scholesův model, který je modifikován na vybrané exotické opce.

Následující kapitola je věnována k popisu finančního rizika a zajišťovacím strategiím. Pomocí těchto hedgingových strategií lze eliminovat finanční rizika, kterým může být společnost vystavena.

V praktické části je nejdříve zjišťován nejvhodnější proces na odhad parametrů vývoje ceny podkladového aktiva. Následuje ocenění finančních instrumentů a dále aplikace vybraných zajišťovacích strategií a jejich efekt při zajištění. Jednotlivé strategie jsou zhodnoceny na základě vymezených kritérií, z hlediska vzájemného vztahu výnos a riziko a z hlediska jejich vhodnosti pro investory s různým vztahem k riziku.

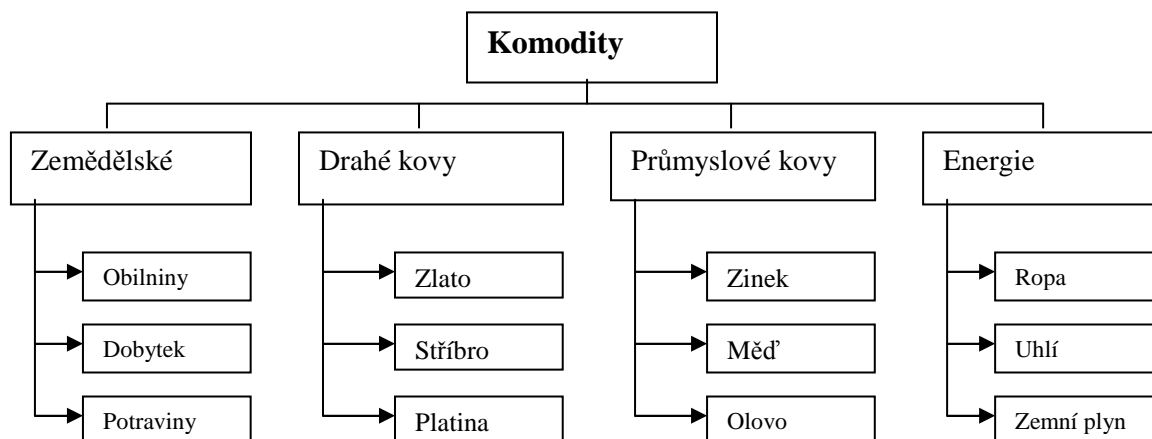
## 2 Charakteristika vybraných komoditních derivátů

Tato část bude věnována charakteristice komodit a komoditním derivátům. V rámci podkapitoly komoditních derivátů budou podrobněji popsány forwardy, futures, swapy a opce včetně vybraných exotických opcí, které jsou uvedeny v publikaci od Hulla (2006). Další podkapitola bude zaměřena na problematiku stochastických procesů a nakonec budou uvedeny metody oceňování opcí zejména Black-Scholes-Merton model. Tyto metody jsou detailně rozebrány v knize od Hauga (2007).

### 2.1 Význam komodit

Komodita je hmatatelné základní zboží využívané k obchodování, jež je zaměnitelné za jiné stejného typu. Nejčastěji se komodity používají jako vstupy produkce jiného zboží nebo služeb.<sup>[17]</sup> Některé druhy komodit chápeme jako investici například drahé kovy, naopak jiné jsou chápány čistě spotřebního charakteru například zemědělské plodiny, nerostné suroviny aj.<sup>[10]</sup> Komodity jsou suroviny, které se využívají ke každodenní spotřebě a lze je rozdělit do následujících čtyř skupin viz obr. 2.1.

Obr. 2.1 Rozdělení komodit



Zdroj: JÍLEK, J. *Finanční a komoditní deriváty v praxi*. 1. vyd. Praha: GRADA Publishing, 2005. 632 s. ISBN 80-247-1099-4.

Investoři tyto komodity kupují a prodávají prostřednictvím futures kontraktů. Jedná se o zboží obchodující na komoditních burzách.

V současné době existuje mnoho komoditních burz specializujících se na obchodování s určitým druhem komodit např. surové dříví. Největší komoditní burzou na světě je Chicago Board of Trade (CBOT). Další známé komoditní burzy ve světě jsou New York Mercantile

Exchange (NYMEX) specializující se na energie a vzácné kovy, Tokyo Stock Exchange (TSE), Euronext a další. V České republice je známá Komoditní burza Praha, Českomoravská komoditní burza Kladno a Komoditní burza Říčany aj.

## 2.2 Charakteristika derivátů

Derivát lze definovat jako odvozený cenný papír, jehož hodnota závisí na ceně určitého podkladového aktiva.<sup>[1]</sup> Takovým aktivem může být například akcie, burzovní index, úroková sazba, měnový kurz či cena komodity. Hlavním znakem derivátů je jejich termínový charakter. To znamená, že v současnosti dvě obchodní protistrany uzavřou mezi sebou obchod a k jeho vypořádání dojde v budoucnu. Při uzavírání tohoto obchodu si účastníci stanoví předem cenu, za kterou pak v budoucnosti dojde k realizaci obchodu. Deriváty je možné dělit podle druhu podkladového aktiva na komoditní, měnové, úrokové deriváty a deriváty na nákup a prodej cenných papírů. Dále se bude hovořit o komoditních derivátech.

**Komoditní deriváty** se týkají nákupu nebo prodeje určitých fyzických komodit v budoucnosti. Jsou založeny na principu výměny pevné částky v hotovosti za komoditní instrument.

Deriváty lze členit na mimoburzovní a burzovní deriváty. **Mimoburzovní obchody** se uzavírají na neorganizovaných trzích OTC (over-the-counter). Podmínky obchodování nejsou nijak standardizované a záleží na dohodě obchodních partnerů. Jedná se o obchod ušitý přímo na míru účastníkům obchodu. Nevýhodou obchodování na OTC trzích je existence kreditního rizika, kdy protistrana nedostojí svým závazkům. Na druhé straně stojí **burzovní obchody**. Jejich průběh se koná na přesně vymezeném místě a v přesně vymezené době dané obchodními hodinami burzy. Obchodní kontrakty jsou standardizované (předem se určí velikost kontraktu, specifikuje se kvalita zboží, místo dodání, termín dodání a další). Aby byla burza krytá proti riziku, pobírá zálohy (počáteční zálohu, limit udržovací zálohy a doplňovací zálohu).

Rozlišujeme dvě hlavní skupiny derivátů, se kterými se můžeme setkat:

a) **Termínované** neboli **nepodmíněné derivátové kontrakty** – spočívají v tom, že v době splatnosti derivátu mají oba účastníci povinnost kontrakt plnit a vypořádat se dle podmínek uvedených ve smlouvě, sem patří:

- forwardy,
- futures,



- swapy.

b) **Opční** neboli **podmíněné derivátové kontrakty** – dávají kupujícímu právo plnit a vypořádat kontrakt v době expirace dle podmínek ve smlouvě, sem patří:

- opce.

### 2.2.1 Forward

Je smlouva, ve které se kupující s prodávajícím domluví na výměně pevné částky hotovosti za komoditní nástroj k určitému datu v budoucnu. S forwardy se obchoduje na OTC trzích, kde účastníky jsou dvě finanční instituce nebo finanční instituce a výrobní společnost.<sup>[4]</sup> Forward je závazný pro oba účastníky kontraktu. Dohodnutá cena je označována jako forwardová cena.

U forwardové dohody vystupuje prodejce v krátké pozici a je povinen kupujícímu, který zaujímá dlouhou pozici dodat podkladové aktivum ve sjednané výši a za sjednanou cenu v předem určeném okamžiku.

Pro dlouhou pozici (long pozice) výplatní funkce VH (neboli vnitřní hodnota) forwardu v době expirace z pohledu kupujícího je:

$$VH = S_T - X. \quad (2.1)$$

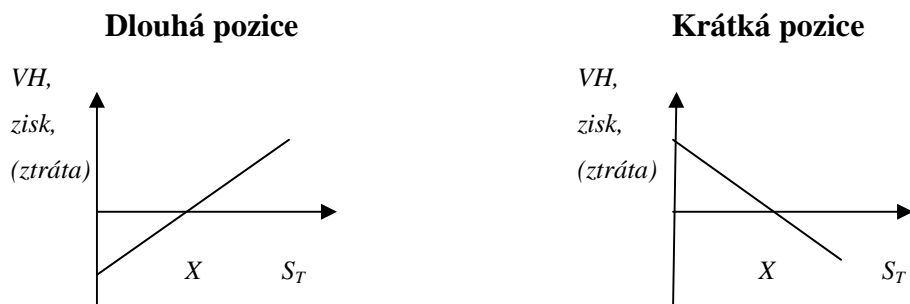
Pro krátkou pozici (short pozice) výplatní funkce VH (neboli vnitřní hodnota) forwardu v době expirace z pohledu prodávajícího je:

$$VH = X - S_T, \quad (2.2)$$

kde  $X$  je realizační cena a  $S_T$  je aktuální tržní cena v době realizace.

V obr. 2.2 je uvedená výplatní funkce forwardu pro dlouhou a krátkou pozici.

**Obr. 2.2 Výplatní funkce forwardu**



Zdroj: vlastní zpracování

Držitel forwardu (long pozice) je povinen koupit podkladové aktivum  $S_T$ , přičemž sází na růst jeho ceny. V případě, že tato cena vzroste nad realizační cenu  $X$ , realizuje zisk, v opačném případě ztrátu.

Výstavce forwardu (short pozice) je povinen prodat podkladové aktivum  $S_T$ , přičemž sází na pokles jeho ceny. V případě, že tato cena poklesne pod realizační cenu  $X$ , realizuje zisk, v opačném případě ztrátu.

## Ocenění forwardu

Prostřednictvím forwardového kontraktu lze vymezit výši realizační ceny. Princip ocenění hodnoty forwardu je zobrazen v tab. 2.1.

**Tab. 2.1 Ocenění forwardu na komoditu<sup>[12]</sup>**

Aktivita	Výdaje	Výdaje	Příjmy
$t$	$t$	$t < t_i < T$	$T$
Prodej nakrátko	$-S_t$		$-S_T$
Zápůjčka	$+S_t$		$+S_t \cdot e^{R(T-t)}$
Náklady skladování		$u_{t_i}$	$\sum_{t_i} u_{t_i} \cdot e^{R(T-t_i)}$
Koupě forwardu	$+f_{t,T}$		$VH = S_T - X$
Celkem	$f_{t,T} \equiv \prod_t$		$S_t \cdot e^{R(T-t)} + \sum_{t_i} u_{t_i} \cdot e^{R(T-t_i)} - X = \Pi_T$

Zdroj: ZMEŠKAL, Z., ČULÍK, M., TICHÝ, T. *Finanční rozhodování za rizika: sbírka řešených příkladů*. 2. vyd. VŠB – TU Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0840-4.

Symbol  $S_t$  představuje cenu komodity,  $f_{t,T}$  je forward na komoditu,  $u_{t_i}$  jsou spojitě skladovací náklady,  $t$  výchozí čas,  $T$  konečný čas (expirace).

Podmínka pro bezrizikový výnos má tvar:

$$f_{t,T} \cdot e^{R(T-t)} = S_t \cdot e^{R(T-t)} + \sum_{t_i} u_{t_i} \cdot e^{R(T-t_i)} - X, \quad (2.3)$$

po úpravě,

$$f_{t,T} = S_t + \sum_{t_i} u_{t_i} \cdot e^{R(t_i-t)} - X \cdot e^{-R(T-t)} = S_t + U - X \cdot e^{-R(T-t)}. \quad (2.4)$$

Za předpokladu, že je hodnota forwardu v době prvotního uvedení nulová,  $f_{0,T} = 0$ , tak realizační cena v době zralosti  $X_T$  se rovná forwardové ceně  $F_{0,T}$ , a lze ji vyjádřit pomocí následujícího vztahu,

$$X_T \equiv F_{0,T} = \left( S_t + \sum_{t_i} u_{t_i} \cdot e^{-R \cdot t_i} \right) \cdot e^{R \cdot T} = (S_t + U_t) \cdot e^{R \cdot T}. \quad (2.5)$$

### **Skladovací náklady**

Náklady spojené se skladováním určité komodity zahrnují nákladové úroky, pronájem objektu vyhrazený pro skladování, pojištění zboží, manipulaci s danou komoditou a další přímé náklady spojené se skladováním. Úrokové náklady zajistí transparentní pohled na to, jak jsou pohyblivé náklady na skladování a mohou odrážet vliv na měnící se obchodní cyklus. U některých komodit jsou skladovací náklady časově omezeny například u zemědělských výrobků, u jiných je uskladnění zcela vyloučené například u elektřiny.<sup>[9]</sup>

### **Přínosy z fyzického držení**

Přínosy spojené s držbou podkladového aktiva nebo fyzického zboží se vyskytují u komodit spotřebního charakteru a umožňují okamžité využití ve výrobním procesu. Na trhu dochází k nepravidelným výkyvům, a proto držení podkladového aktiva může být výhodnější než být držitel smlouvy či derivátového nástroje, vzhledem k jeho relativní vzácnosti či vysoké poptávce. Zda budou přínosy z držení dané komodity pozitivní či negativní, závisí na čase, typu komodity a odpovídající úrovni zásob. Tato hodnota je zvláště srovnávaná s úrokovými sazbami a vysvětluje odlišnosti ve tvarech forwardových křivek. Uskladnění komodit nám dovoluje umístit komodity na trh, v případě že je cena vysoká, v opačném případě si komodity ponecháme. Zároveň se snažíme vyvarovat nákladům spojeným s přerušením výroby nebo revizím výrobního programu. Přínosy z držení určité komodity nezahrnují náklady na financování nákupu fyzické komodity.<sup>[1]</sup>

### **2.2.2 Futures**

Futures kontrakt je obdobný jako forwardový kontrakt. Rozdíl je v tom, že se jedná o standardizovaný kontrakt charakterizovaný jako dohoda dvou stran o nákupu/prodeji určitého množství podkladového aktiva za předem danou cenu k danému budoucímu datu.

Futures obchody probíhají na organizovaných trzích, tedy burzách, přičemž obchody jsou standardizované a jsou přesně stanoveny podmínky obchodu. Základní parametry obchodu jsou přesná specifikace zboží a jeho kvality, objem kontraktu, místo a termín dodání, způsob kotace, zaokrouhlování ceny, limitní pozice a další.<sup>[4]</sup>

Při obchodování s futures se setkáváme se třemi zálohami, které jsou nutné složit při sjednávání kontraktu na účet clearingového centra. První zálohou je počáteční záloha stanovena jako procento z hodnoty kontraktu. Udržovací záloha je další zálohou, jež nesmí klesnout pod spodní limit, pohybuje se ve výši okolo 75 % z počáteční zálohy. Doplnovací záloha je nutná k doplnění peněz, v případě že není limit udržovací zálohy v požadované výši.

### **2.2.3 Swap**

Swap je smlouva mezi dvěma stranami o výměně peněz v budoucnu. Ve smlouvě je obsaženo způsob úhrady a kdy má k platbě dojít.

První swapový kontrakt byl dohodnut v roce 1980. Od té doby trh zaznamenal fenomenální růst. Stejně jako u forwardových kontraktů se swapy obchoduje na OTC trzích.

Tento způsob zajišťování se používá za účelem řízení rizika, ke spekulaci a především ke snížení transakčních nákladů. Domácí subjekty mají přístup k výhodnějším úrokovým podmínkám, než subjekty v zahraniční prostřednictvím vzájemné nabídky dojde k výměně těchto úrokových sazeb.

Komoditní swapy jsou v podstatě série forwardových kontraktů na komodity s odlišnou dobou splatnosti a za stejnou realizační cenu.<sup>[4]</sup>

### **2.2.4 Opce**

Opčí se rozumí podmíněný kontrakt, kdy kupující nebo prodávající má možnost volby zda opci využije či nikoli. Jedná se o smlouvu mezi dvěma stranami, že si během sjednané doby prodají/koupí určité množství podkladového aktiva za předem stanovenou realizační cenu. Hlavní výhodou opcí oproti termínovým kontraktům je ten, že umožňuje realizaci zisku v případě příznivého pohybu ceny podkladového aktiva.

U opcí rozlišujeme základní dva typy:

- call opce (kupní),
- put opce (prodejní),

U call opce má držitel právo (nikoli povinnost) koupit podkladové aktivum za určitou cenu a v určitém čase, za které musí zaplatit opční prémii, tedy cenu opce. Jestli držitel opce toto právo využije, výstavce opce musí vždy dostát svým závazkům. Za tuto znevýhodněnou pozici obdrží opční prémii. V případě, že držitel opci nevyužije, vzniká ztráta ve výši opční premie, kterou musí zaplatit protistraně.

U put opce má držitel právo (nikoli povinnost) prodat podkladové aktivum za určitou cenu a v určitém čase, za které musí zaplatit opční prémii. Výstavce opce má povinnost toto podkladové aktivum v daném čase a za sjednanou cenu koupit.

S opcemi se obchoduje na burzách i na trhu OTC. K prvnímu obchodu došlo v roce 1973, kdy byla založena první opční burza Chicago Board Options Exchange.

V době realizace se opce může nacházet ve třech pozicích a to, v penězích, mimo peníze a na peníze. V **penězích** (in-the-money,  $VH > 0$ ) bude call opce, pokud cena podkladového aktiva bude vyšší než jeho realizační cena. V tomto případě bude call opce využita. **Mimo peníze** (out-of-the-money,  $VH < 0$ ) bude call opce, pokud cena podkladového aktiva bude nižší než realizační cena. **Na penězích** (at-the-money,  $VH = 0$ ) bude call opce v případě, že se bude cena podkladového aktiva rovnat realizační ceně. Pro put opci platí opačné vztahy.

Podle momentu využití opce rozlišujeme:

- evropské opce,
- americké opce,
- bermudské opce.

**Evropská opce** může být využita pouze v momentě realizace, tedy v čase  $T$ . U **americké opce** může dojít k její výplatě kdykoliv do doby zralosti, tedy v čase  $[0, T]$ . **Bermudskou opci** je možné využít v konečném počtu okamžiků po dobu životnosti.

Podle složitosti výplatní funkce lze opce dělit:

- plain vanilla opce (jednoduché opce),
- exotické opce.

**Exotické opce** patří k derivátům s komplikovanější výplatní funkcí, než mají evropské či americké call a put opce.

Exotické opce dále členíme<sup>[10]</sup>:

- **package** – zero-cost package, opční pozice, collar,
- **vícestupňové opce** – výběrové, složené, s odloženou splatností,
- **digitální opce** – cash-or-nothing, asset-or-nothing,
- **path dependent opce** – asijské, lookback, bariérové, komplexní bariérové.

### Asijské opce

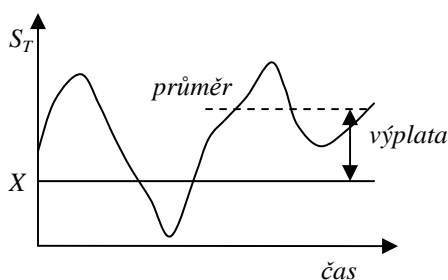
Počátky této opce sahají do roku 1987, kdy tokijská pobočka firmy Banker's Trust použila opce sledující průměrnou cenu podkladového aktiva při ocenění ropných kontraktů.<sup>[7]</sup> Asijská opce je silně závislá na minulém vývoji ceny podkladového aktiva na rozdíl od klasických opcí, jejichž hodnota je dána prostým pohybem podkladového aktiva.

Tyto opce se využívají především na trhu s komoditami sloužící jako zajišťovací instrument pro zemědělské výrobce, jež se mohou zajistit proti poklesům cen pěstovaných komodit. Cena těchto opcí je ve srovnání s obdobnými klasickými opcemi opět nižší.

V podstatě je možné rozlišit dva typy asijských opcí s odlišným způsobem stanovení jejich hodnoty.

První skupinu tvoří asijská opce typu **average price Asian**. Kdy cena podkladového aktiva  $S_T$  je nahrazena průměrem cen podkladového aktiva v určitých, předem stanovených okamžicích  $S_A$ . V obr. 2.3 lze vidět vývoj average price Asian opce.

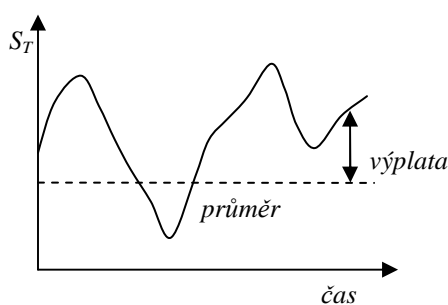
**Obr. 2.3 Opce typu average price Asian**



Zdroj: vlastní zpracování

Do druhé skupiny patří asijská opce typu **average strike Asian**, kde dochází ke změně fixní dodací ceny  $X$  na cenu určenou průměrem za předem dané časové období  $S_A$ . Průběh average strike Asian je zobrazen v obr. 2.4.

**Obr. 2.4 Opce typu average strike Asian**



Zdroj: vlastní zpracování

Asijská opce oproti klasické opci má nižší volatilitu, což je způsobeno průměrnou cenou podkladového aktiva, od které je hodnota opce následně odvozována. Zároveň z toho vyplývá, že cena asijské opce bude nižší, než bývá u srovnatelných klasických opcí.

Volba průměru bývá častým problémem při ocenění asijské opce. Sledujeme buď aritmetický průměr (počítáme se střední hodnotou, prostým průměrem), geometrický nebo vážený (ten umožňuje vázat cenu jen na vybraná aktiva v portfoliu či váhy podle časových okamžiků). Pro výpočet je nejjednodušší aritmetický průměr, avšak pro svou nepřesnost nebývá dobrou volbou. Geometrický průměr je sice složitější na výpočet, ale tržní ceny sledují v čase lognormální rozdělení a je tedy vhodnější.

K ocenění opce je možné využít Black-Scholesův oceňovací model, je však nezbytné nahradit cenu podkladového aktiva v době splatnosti vypočteným průměrem.

### **Bariérové opce**

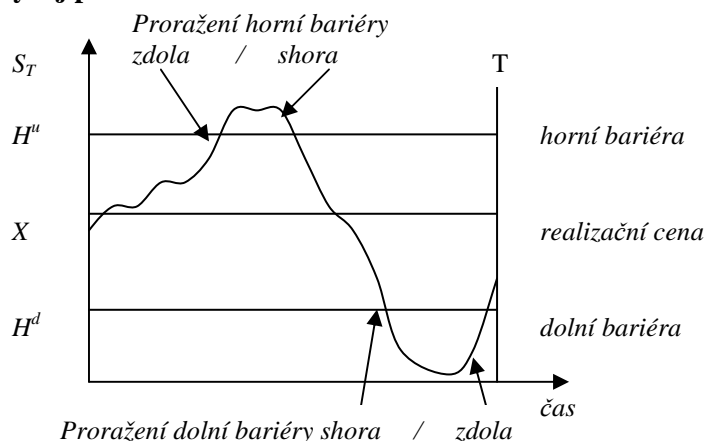
U bariérových opcí sledujeme, zda cena podkladového aktiva prolomí určitou bariéru v průběhu životnosti  $T$  a dojde k aktivaci opce (knock-in opce) nebo k jejímu zrušení (knock-out opce).

Opce **In** jsou na začátku zcela bezcenné a k jejich aktivaci dochází, až cena podkladového aktiva prolomí stanovenou hranici. Naopak opce **Out** jsou aktivní v době uzavření kontraktu a stávají se neplatnými, když cena podkladového aktiva prolomí předem stanovenou bariéru.

Pokud by došlo k proražení stanovené hranice zdola, mluvíme o **up-and-in** nebo **up-and-out** opci, v opačném případě, když dojde k proražení hranice shora, jedná se o **down-and-in** nebo **down-and-out** opci. S tím souvisí existence horní  $H^u$  a dolní  $H^d$  bariéry.

V následujícím grafu 2.5 lze vidět vývoj podkladového aktiva bariérové opce vzhledem k horní a dolní bariéře.

**Obr. 2.5 Vývoj podkladového aktiva vzhledem k horní a dolní bariéře**



Zdroj: vlastní zpracování

Mezi výhody těchto opcí se řadí jejich nižší cena než u srovnatelných evropských nebo amerických opcí. Z tohoto důvodu se staly tyto opce oblíbeným pojistným nástrojem.

V tabulce 2.2 je provedeno porovnání asijských a bariérových opcí.

**Tab. 2.2 Srovnání asijských a bariérových opcí**

	Asijské opce		Bariérové opce	
	average Price	average Strike	Knock in	Knock out
Charakteristika	silná závislost na historickém vývoji ceny podkladového aktiva $S_T$		pokud $S_T$ dosáhne stanovené bariéry, dojde k aktivaci opce	pokud $S_T$ dosáhne stanovené bariéry, dojde ke zrušení opce
Rozdíl VH	$S_T$ je nahrazena $S_A$	$X$ je nahrazená $S_T$	není	
Závislost výplatní funkce	na průměrné ceně po dobu životnosti		na skutečnosti, zda došlo k dosažení určité bariéry	
Cena	nižší cena než u evropských a amerických opcí			
Využití	převážně u komodit (např. v zemědělství)		oblíbený pojistný nástroj	
Volatilita	nižší volatilita než u evropských a amerických opcí			
Průměrná cena $S_A$	aritmetická – méně přesná, jednodušší na výpočet  geometrická – přesnější, složitější na výpočet		nevyužívá se	

Zdroj: vlastní zpracování

## Opční pozice

Rozlišujeme čtyři základní opční pozice:

- dlouhá pozice v kupní opci (long call),
- krátká pozice v kupní opci (short call),
- dlouhá pozice v prodejní opci (long put),
- krátká pozice v prodejní opci (short put).

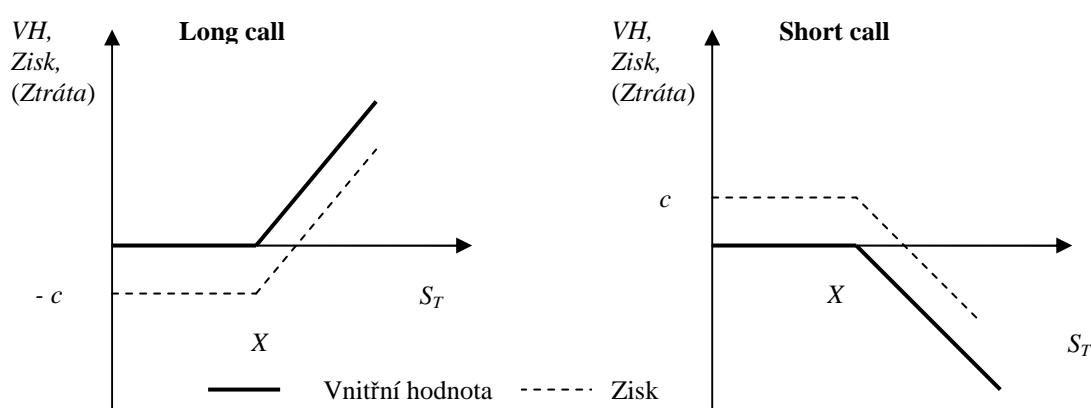


Jednotlivé pozice budou graficky i početně znázorněny a následně porovnány mezi sebou. Grafické zobrazení ukazuje výplatní a ziskové funkce pro každou pozici.

V grafickém zobrazení (obr. 2.6) lze vidět vnitřní hodnotu a ziskovou funkci pro dlouhou a krátkou pozici call opce. Držitel dlouhé call pozice využije opci tehdy, kdy cena podkladového aktiva  $S_T$  bude větší jak realizační cena  $X$  a dosáhne zisku. V opačném případě vzniká držiteli ztráta ve výši opční premie.

V případě short call pozice vypisovatel dosáhne maximálního zisku tehdy, když opce není uplatněna, tzn. cena podkladového aktiva je menší než realizační cena.

**Obr. 2.6 Výplatní a zisková funkce pro call opci**



Zdroj: vlastní zpracování

Vnitřní hodnota (výplatní funkce) pro plain vanilla long call opci je:

$$VH = \max(S_T - X, 0), \quad (2.6)$$

pro zisk platí,

$$zisk = \max(S_T - X - c, -c), \quad (2.7)$$

kde  $c$  je cena call opce.

Vnitřní hodnota (výplatní funkce) pro plain vanilla short call opci je:

$$VH = \min(X - S_T, 0), \quad (2.8)$$

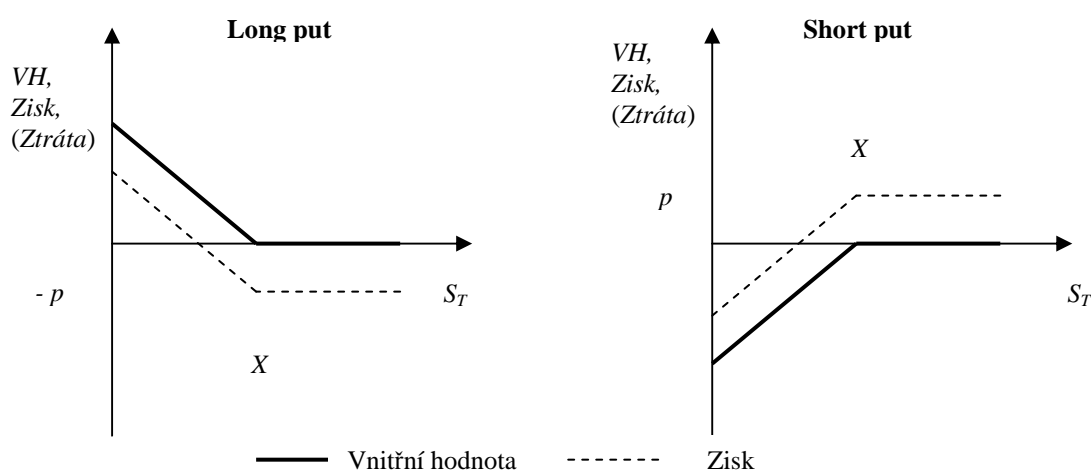
pro zisk platí,

$$zisk = \min(X - S_T + c, +c). \quad (2.9)$$

V níže uvedených grafech (obr. 2.7) je zobrazena dlouhá a krátká pozice pro put opci. V případě dlouhé pozice držitel dosahuje maximálního zisku při poklesu ceny podkladového aktiva. Kdyby cena podkladového aktiva převýšila realizační cenu, držitel by utrpěl ztrátu ve výši opční prémie.

V druhém případě vypisovatel se nachází v pozici, kdy má povinnost odkoupit určité množství uvedené v kontraktu, a tedy musí dostat svým závazkům. Při růstu ceny podkladového aktiva se vypisovatel dostane do ziskové pozice ve výši opční prémie, v opačném případě utrpí ztrátu.

**Obr. 2.7 Výplatní a zisková funkce pro put opci**



Zdroj: vlastní zpracování

Vnitřní hodnota (výplatní funkce) pro plain vanilla long put opci je:

$$VH = \max(X - S_T, 0), \quad (2.10)$$

pro zisk platí,

$$zisk = \max(X - S_T - p, -p), \quad (2.11)$$

kde  $p$  je cena put opce.

Vnitřní hodnota (výplatní funkce) pro plain vanilla short put opci je:

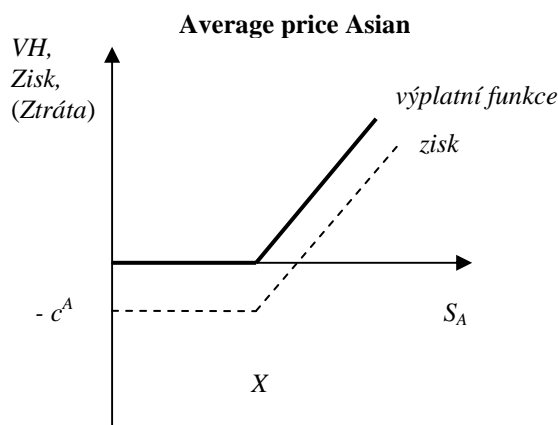
$$VH = \min(S_T - X, 0), \quad (2.12)$$

pro zisk platí,

$$zisk = \min(S_T - X + p, +p). \quad (2.13)$$

Asijská opce typu **average price Asian** má výplatní funkci založenou na průměru cen podkladového aktiva  $S_A$  v určitých, předem stanovených okamžicích. U call opce bude docházet k výplatě ve výši  $S_A - X$ , kde  $X$  je fixní dodací cena. Výplata bude realizována pouze za předpokladu, že  $S_A > X$ . V ostatních situacích výplata nebude uskutečněna. Výplatní funkce asijské call opce je uveden v obr. 2.8.

**Obr. 2.8 Výplatní funkce average price Asian call opcí**



Zdroj: vlastní zpracování

Výplatní funkci average price Asian je následující:

$$VH = \max[k \cdot (S_A - X), 0], \quad (2.14)$$

kde

$$S_A^{art} = \frac{1}{N} \sum_n S_n, \quad (2.15)$$

nebo

$$S_A^{geo} = \sqrt[n]{\prod S_n}, \quad (2.16)$$

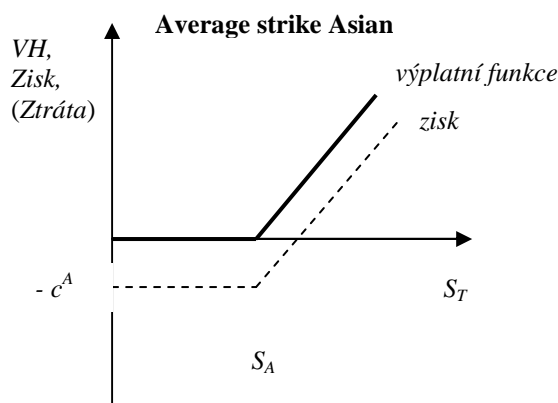
po transformaci

$$S_A^{geo} = \exp\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i\right], \quad (2.17)$$

kde  $S_A$  je průměrná cena podkladového aktiva ( $S_A^{art}$  – aritmetický průměr) nebo ( $S_A^{geo}$  – geometrický průměr),  $X$  je fixní dodací cena,  $k$  je binární proměnná nabývající hodnotu 1 pro kupní opci a hodnotu  $-1$  pro prodejní opci,  $S_n$  je cena podkladového aktiva za  $n$  období,  $N$  je počet sledovaných období.

Asijská opce typu **average strike Asian** má výplatní funkci stanovenou jako rozdíl mezi cenou podkladového aktiva v době expirace  $S_T$  a průměrnou hodnotou podkladového aktiva  $S_A$ . Výše výplaty u call opce je určena rozdílem  $S_T - S_A$ . V případě, že  $S_T > S_A$  výplata bude uskutečněna. V opačném případě je výplata nulová. V obr. 2.9 je znázorněna vnitřní hodnota average strike Asian call opce.

**Obr. 2.9 Výplatní funkce average strike Asian call opcí**



Zdroj: vlastní zpracování

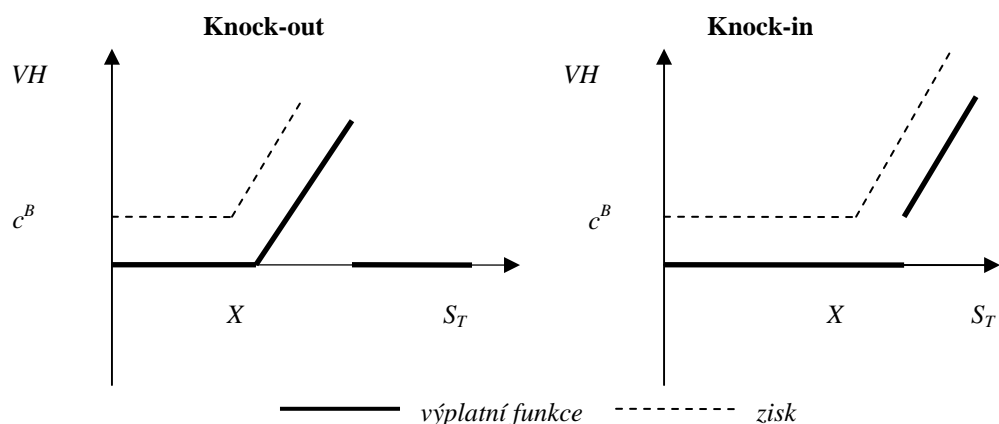
Výplatní funkci average strike Asian je následující:

$$VH = \max[k \cdot (S_T - S_A), 0]. \quad (2.18)$$

Asijské put opce fungují na stejném principu jako plain vanilla put opce. Graficky se zobrazí jako výplatní a zisková funkce pro put opce v obr. 2.7, s tím rozdílem, že cenu podkladového aktiva  $S_T$  nahradí průměrná cena podkladového aktiva  $S_A$  v případě average price Asian put opce. U average strike Asian put opce bude nahrazená realizační cena  $X$  průměrnou cenou podkladového aktiva  $S_A$ .

V obrázku (2.10) je znázorněna výplatní funkce knock-out a knock-in call opcí. Pro knock-in opci platí, že opce je aktivní a dojde k výplatě za podmínky, že cena podkladového aktiva dosáhne horní či dolní bariéry. U knock-out opci se opce stává neaktivní právě tehdy, pokud cena podkladového aktiva překročí stanovené hranice.

Obr. 2.10 Výplatní funkce bariérových call opcí



Zdroj: vlastní zpracování

Výplatní funkce pro bariérové opce jsou následující:

$$VH^{knock-in} = VH^{call} \quad \text{pokud} \quad \begin{cases} S_T > H^u \\ S_T < H^d \end{cases} \quad \text{jinak} \quad VH^{knock-in} = 0, \quad (2.19)$$

$$VH^{knock-out} = 0 \quad \text{pokud} \quad \begin{cases} S_T > H^u \\ S_T < H^d \end{cases} \quad \text{jinak} \quad VH^{knock-out} = VH^{call}, \quad (2.20)$$

kde  $H^u$  je horní bariéra a  $H^d$  je dolní bariéra.

Výplatní funkce knock out a knock in put opcí se vyvíjí stejně jako plain vanilla put opce, do okamžiku než cena podkladového aktiva  $S_T$  dosáhne stanovené bariéry  $H^u$  nebo  $H^d$ .

## 2.3 Stochastické procesy

Finanční aktiva mají v čase náhodný vývoj, jež je označován jako stochastický proces. Při oceňování opcí rozeznáváme dva přístupy podle toho, jestli jsou časové intervaly tvořeny spojitě, pak  $t = \{0, 1, 2, \dots\}$ , či diskrétně, pak  $t \in \langle 0, \infty \rangle$ .

Základem procesů popisujících stochastický vývoj ceny finančního aktiva je riziková složka. Tuto složku lze modelovat na základě spojitého procesu tzv. **Wienerova procesu** někdy označován jako specifický Wienerův proces. Tento proces je procesem Markovova typu, kdy predikované hodnoty jsou ovlivněny pouze současnou hodnotou a ne historickými cenami a změny cen jsou v čase nezávislé. Problematika stochastických procesů je mimo jiné podrobněji uvedena v následujících publikacích Hull (2006), Tichý (2006) a Zmeškal (2004).

Specifický Wienerův proces je definován:

$$dz = \varepsilon \cdot \sqrt{dt}, \quad (2.21)$$

kde  $\varepsilon$  je náhodná proměnná z normovaného normálního rozdělení  $N[0,1]$ .

V případě, že se bude uvažovat s více časovými intervaly, pak celkovou změnu lze vyjádřit,

$$z_T - z_0 = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \cdot \sqrt{dt}, \quad (2.22)$$

kde celková změna  $\varepsilon_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) je dána součtem změn v  $N$  malých časových intervalech,

$$\text{kde } N = \frac{T}{\Delta t}.$$

Zobecněný případ Wienerova procesu je **Itôův proces** s parametry  $a$  a  $b$ , které jsou funkcí hodnoty proměnné  $x$  v čase  $t$ . Itôův proces je definován,

$$dx = a(x;t) \cdot dt + b(x;t) \cdot dz, \quad (2.23)$$

kde  $a(\cdot)$  je přírůstek a  $b(\cdot)$  směrodatná odchylka změny proměnné.

Obdobou Taylorova rozvoje definovaný pro nestochastické funkce je **Itôova lema**, jenž je určena pro funkce, jejichž proměnnými jsou stochastické procesy a čas,  $G = f(x, t)$ .

Vztah pro Itôovu lemu je následující:

$$dG = \left[ \left( \frac{\partial G}{\partial x} \cdot a(\cdot) \right) + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(\cdot) \right] \cdot dt + \frac{\partial G}{\partial x} \cdot b(\cdot) \cdot dz. \quad (2.24)$$

Itôův proces s přírůstkem vyjádřený v hranatých závorkách,

$$\left[ \frac{\partial G}{\partial x} \cdot a(\cdot) + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(\cdot) \right], \quad (2.25)$$

a rozptylem,

$$\frac{\partial G}{\partial x} \cdot b(\cdot). \quad (2.26)$$

Zobecněný Wienerův proces neboli **Brownův aritmetický proces** je definován,

$$dx = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz. \quad (2.27)$$

Jde o zvláštní případ Itôova procesu s konstantními a nezávislými parametry na ostatních proměnných, se střední hodnotou  $E(dx) = \alpha \cdot dt$  a rozptylem  $\text{var}(dx) = \sigma^2 \cdot dt$ .

**Geometrický Brownův proces** na rozdíl od aritmetického Brownova procesu pracuje s cenami vyvíjející se exponenciálním trendem, určeny následovně,

$$dx = \alpha \cdot x \cdot dt + \sigma \cdot x \cdot dz, \quad (2.28)$$

kde  $\alpha$  je průměrný výnos za období jednoho roku a  $\sigma$  směrodatná odchylka za jeden rok.

Proces využívaný při analytickém oceňování opcí je **geometrický Brownův proces s logaritmickými cenami**. Hlavním předpokladem je, že proměnná  $x$  se vyvíjí dle procesu (2.28), kde je využita Itôova lema pro funkci  $G = \ln x$ . Vztah pro tento proces vypadá takto,

$$dG = d \ln S = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz, \quad (2.29)$$

kde  $\alpha$  je spojitý výnos  $\left( \alpha = \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right)$ , kde  $\mu = \ln \frac{S_T}{S}$ .

Po úpravě,

$$x_{t+dt} = x_t \cdot e^{(\alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz)}. \quad (2.30)$$

Potom pro cenu komodity  $S$  platí,

$$S_T = S_t \cdot e^{(\alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz)}. \quad (2.31)$$

**Mean reversion procesy** zohledňují historický vývoj ceny aktiva, na rozdíl od modelů "náhodné procházky", u kterých jsou změny cen nezávislé na čase. Všeobecně se mean reversion procesy navrací k dlouhodobé rovnováze tj. ke střední hodnotě. Vstupní parametry se určí jako tzv. mean reversion rychlost (speed), s jakou se ceny navrací na svou rovnovážnou úroveň a tzv. mean reversion úroveň (level), což je dlouhodobá rovnovážná cena. Z dlouhodobého hlediska se ceny plynů přibližují k rovnovážné úrovni, a proto mohou tyto procesy lépe vystihnout vývoj cen v průběhu času <sup>[13][14]</sup>.

**Ornstein–Uhlenbeckův mean reversion model s aritmetickými cenami** je definován:

$$\frac{dS_t}{S_t} = a \cdot (b - S_t) \cdot dt + \sigma \cdot dz, \quad (2.32)$$

kde  $a$  představuje rychlost k dlouhodobé rovnováze,  $b$  označuje návrat k dlouhodobé rovnováze,  $\sigma$  je směrodatná odchylka,  $dt$  je časový interval,  $dz$  je náhodná veličina  $dz \in N[0,1]$ .

**Ornstein–Uhlenbeckův mean reversion model s logaritmickými cenami** má tvar:

$$d \ln S_t = a \cdot (\ln b - \ln S_t) \cdot dt + \sigma \cdot dz, \quad (2.33)$$

kde  $\ln S_T$  představuje přirozený logaritmus ceny podkladového aktiva a  $\ln b$  je přirozený logaritmus dlouhodobé rovnováhy.

Dalším modelem ze skupiny mean reversion je **Schwartzův model**, který má stejné znaky jako Ornstein-Uhlenbeckův model, vztah vypadá následovně,

$$\frac{dS_t}{S_t} = a \cdot (\ln b - \ln S_t) \cdot dt + \sigma \cdot dz. \quad (2.34)$$

## 2.4 Metody oceňování opcí

V současné době se využívá k ocenění opcí několik metod lišící se dle přístupu. Je nutné předem si vymezit, o jaký přístup ocenění půjde, zda o diskrétní či spojitý, jaký typ opce se bude oceňovat, zda evropská, americká, asijská či exotická a podle jakého procesu se vyvíjejí ceny podkladového aktiva. Tyto přístupy členíme na:

- **numerické metody** – jsou založené na diskrétní změně v diskrétním čase, sem patří binomický model, trinomický model a multinomický model. U binomického procesu vycházíme z toho, že máme jeden výchozí stav, ze kterého vycházejí dvě následné situace, a to buď růst či pokles ceny podkladového aktiva. O možnost stálého stavu je rozšířen trinomický model. Multinomická metoda zohledňuje výchozí stav, ze kterého vycházejí více než tři následné situace.
- **analytické metody** – založené na spojitě změně ve spojitém čase, sem patří Black-Scholes-Merton model, Blackův model. V kapitole 2.3.3 je uveden bližší popis.
- **simulační metoda Monte Carlo** – spočívá v tom, že mnohokrát napodobíme náhodný vývoj daného aktiva nebo vývoj portfolia finančních aktiv na určitou dobu dopředu. Na konci stanoveného období zrekonstruujeme rozdělení pravděpodobnosti a následně zjišťujeme parametry jako je střední hodnota, rozptyl, kvantil aj. Nejpřesnějšího výsledku dosáhneme při velkém počtu provedených simulací pohybujících se v řádu tisíců či statisíců.

V další kapitole se podrobněji zaměříme na Black-Scholes-Merton model oceňování opcí.

### 2.4.1 Black-Scholes-Merton model oceňování opcí

Matematický model oceňování finančních aktiv umožňuje analytické řešení stanovení ceny vybraných typů opcí. V roce 1973 byl tento model publikován Fischerem Blackem, Myronem Scholesem a Robertem Mertonem. Jeho autoři získali uznání a obdrželi Nobelovou



cenu za ekonomii v roce 1997. Cena podkladového aktiva se vyvíjí na základě stochastického procesu tzv. "náhodná procházka".

Výchozí předpoklady modelu:

- pracuje pouze s evropskými opcemi,
- volatilita ceny podkladového aktiva je po dobu existence opce konstantní,
- neuvažuje se s výplatou dividend,
- ceny podkladových faktorů se vyvíjejí dle geometrického Brownova pohybu s logaritmickými cenami,
- spojitý čas,
- předpokládá se dokonalý kapitálový trh,
- zanedbání daní a transakčních nákladů,
- konstantní bezrizikovou sazbu,
- ceny jsou nezávislé na očekávaných výnosech,
- možnost krátkého prodeje s plným využitím výnosů.

### Ocenění plain vanilla call a put opce

Cena evropské call a put opce se vypočte dle následujícího vztahu:

$$c = (S_0) \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2), \quad (2.35)$$

$$p = X \cdot e^{-rT} \cdot N(-d_2) - (S_0) \cdot N(-d_1), \quad (2.36)$$

kde

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}, \quad (2.37)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}, \quad (2.38)$$

kde  $c$  a  $p$  jsou označeny ceny evropský call a put opcí,  $S_0$  je hodnota podkladového aktiva v době uzavření kontraktu v čase  $t_0$ ,  $X$  vyjadřuje realizační cenu,  $r$  je bezriziková sazba,  $\sigma$  je volatilita neboli směrodatná odchylka spojitého výnosu podkladového aktiva,  $N(d_1)$  a  $N(d_2)$  vyjadřuje hodnotu funkce kumulativního normovaného normálního rozdělení a  $e^{-rT}$  je spojitý diskontní faktor.

Nyní bude provedena úprava původního modelu pro ocenění opcí na komoditu.

### Ocenění call a put opce na komoditu

$$c = (S_0 + U) \cdot e^{-cy \cdot T} \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(d_2), \quad (2.39)$$

$$p = X \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(-d_2) - (S_0 + U) \cdot e^{-cy \cdot T} \cdot N(-d_1), \quad (2.40)$$

kde

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0 + U}{X}\right) + \left(r_f - cy + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}, \quad (2.41)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}, \quad (2.42)$$

kde  $U$  představuje skladovací náklady komodity,  $cy$  jsou přínosy z držení komodity spotřební povahy,  $r_f$  je bezriziková sazba.

### Ocenění asijské opce

Při ocenění asijské opce lze využít dvě varianty na určení ceny call a put opce. Cenu opce lze vypočítat spojitě, a to buď geometricky, nebo aritmeticky. Tyto dvě varianty se liší způsobem výpočtu jejich parametrů.

Hodnotu asijské call a put opce lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$c_{asijská}^{geo/art} = (S_0 + U) \cdot e^{(b_A - r_f) \cdot T} \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(d_2), \quad (2.43)$$

$$p_{asijská}^{geo/art} = X \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(-d_2) - (S_0 + U) \cdot e^{(b_A - r_f) \cdot T} \cdot N(-d_1), \quad (2.44)$$

kde

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0 + U}{X}\right) + \left(b_A + \frac{\sigma_A^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma_A \cdot \sqrt{T}}, \quad (2.45)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \cdot \sqrt{T}. \quad (2.46)$$

U spojitě geometrické ceny se parametry směrodatná odchylka  $\sigma_A$  a náklady na přepravu  $b_A$  určí následujícími vzorci,

$$\sigma_A = \frac{\sigma}{\sqrt{3}}, \quad (2.47)$$

$$b_A = \frac{1}{2} \cdot \left( b - \frac{\sigma^2}{6} \right), \quad (2.48)$$

kde  $b$  představuje náklady na přepravu zahrnující bezrizikovou sazbu a náklady na skladování.

U spojitě aritmetické ceny se parametry směrodatná odchylka  $\sigma_A$  a náklady na přepravu  $b_A$  určí tímto vztahem:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\ln(M_2)}{T} - 2 \cdot b_A}, \quad (2.49)$$

$$b_A = \frac{\ln(M_1)}{T}, \quad (2.50)$$

kde

$$M_1 = \frac{e^{bT} - e^{bt_1}}{b(T - t_1)}, \quad (2.51)$$

$$M_2 = \frac{2e^{(2b+\sigma^2)T}}{(b+\sigma^2) \cdot (2b+\sigma^2) \cdot (T-t_1)^2} + \frac{2e^{(2b+\sigma^2)t_1}}{b(T-t_1)^2} \cdot \left[ \frac{1}{2b+\sigma^2} - \frac{e^{b(T-t_1)}}{b+\sigma^2} \right]. \quad (2.52)$$

### Ocenění bariérové opce

Pomocí následujících vztahů jsou určeny ceny down-and-in a down-and-out call opce. Pokud bariéra  $H$  je menší nebo rovná realizační ceně  $X$ , tak hodnota down-and-in call opce je vyjádřena pomocí tohoto vztahu,

$$c_{di} = (S_0 + U) \cdot e^{-cy \cdot T} \cdot \left( \frac{H}{S_0 + U} \right)^{2\lambda} \cdot N(y) - X \cdot e^{-r_f \cdot T} \left( \frac{H}{S_0 + U} \right)^{2\lambda-2} \cdot N(y - \sigma\sqrt{T}) \quad (2.53)$$

Součet hodnot down-and-in call opce a down-and-out call opce se rovná hodnotě call opce, potom hodnotu down-and-out call opce lze vyjádřit takto:

$$c_{do} = c - c_{di}, \quad (2.54)$$

kde

$$\lambda = \frac{r_f - cy + \frac{\sigma^2}{2}}{\sigma^2}, \quad (2.55)$$

$$y = \frac{\ln[H^2 / ((S_0 + U) \cdot X)]}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}. \quad (2.56)$$

Pokud bariéra  $H$  je větší nebo rovna realizační ceně  $X$ ,

$$c_{do} = (S_0 + U) \cdot N(x_1) \cdot e^{-cyT} - X \cdot e^{-r_f T} \cdot N(x_1 - \sigma\sqrt{T}) - (S_0 + U) \cdot e^{-cyT} \cdot \left(\frac{H}{S_0 + U}\right)^{2\lambda} \cdot N(y_1) + \\ X \cdot e^{-r_f T} \cdot \left(\frac{H}{S_0 + U}\right)^{2\lambda-2} \cdot N(y_1 - \sigma\sqrt{T}), \quad (2.57)$$

$$c_{di} = c - c_{do}, \quad (2.58)$$

kde

$$x_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0 + U}{H}\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}, \quad (2.59)$$

$$y_1 = \frac{\ln\left(\frac{H}{S_0 + U}\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \lambda \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}. \quad (2.60)$$

Pomocí následujících vztahů jsou určeny ceny up-and-in a up-and-out call opce. Pokud bariéra  $H$  je větší než realizační cena  $X$ , potom hodnota up-and-in je vyjádřena pomocí následujícího vztahu:

$$c_{ui} = (S_0 + U) \cdot N(x_1) \cdot e^{-cyT} - X \cdot e^{-r_f T} \cdot N(x_1 - \sigma\sqrt{T}) - (S_0 + U) \cdot e^{-cyT} \cdot \left(\frac{H}{S_0 + U}\right)^{2\lambda} \cdot [N(-y) - N(-y_1)] + \\ X \cdot e^{-r_f T} \cdot \left(\frac{H}{S_0 + U}\right)^{2\lambda-2} \cdot [N(-y + \sigma\sqrt{T}) - N(-y_1 + \sigma\sqrt{T})], \quad (2.61)$$

Součet hodnot up-and-in call opce a up-and-out call opce se rovná hodnotě call opce, potom hodnotu up-and-out call opce lze vyjádřit takto:

$$c_{uo} = c - c_{ui}, \quad (2.62)$$

Pokud bariéra  $H$  je menší nebo rovná realizační ceně  $X$ , pak hodnota up-and-out call opce se rovná:

$$c_{uo} = 0, \quad (2.63)$$

$$c_{ui} = c. \quad (2.64)$$

Modifikace Black-Scholes-Merton modelu na ostatní typy opcí je detailně popsána v publikaci viz Haug (2007b).

### 3 Vymezení finančního rizika a hedgingových strategií

V této kapitole budou nejdříve vymezena finanční rizika z hlediska základního členění, z hlediska způsobu eliminace rizika a následně uvedeny typy rizik, se kterými se lze setkat na komoditním spotovém trhu. Dále budou zmíněny vybrané hedgingové strategie.

#### 3.1 Vymezení finančního rizika

Investoři obchodující na finančních trzích se setkávají s finančními riziky. Tato rizika lze definovat jako ztrátu vyplývající z určitého finančního či komoditního aktiva nebo portfolia v budoucnu. Nestabilita na finančním trhu je způsobena výkyvy kurzů cenných papírů, úrokových sazeb, měnových kurzů a cen komodit.

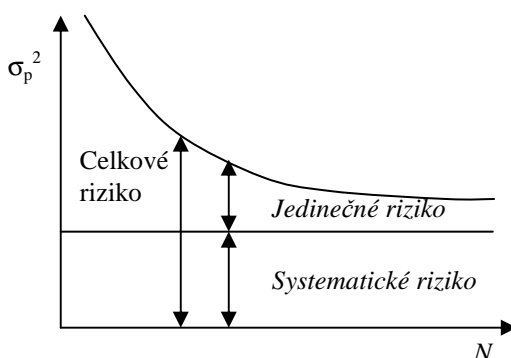
Finanční rizika lze členit do pěti hlavních skupin.<sup>[6]</sup>

- **Tržní riziko** – je riziko ztráty ze změn tržních cen v důsledku nepříznivých změn tržních podmínek. V závislosti na tom, o jaký vývoj tržních cen se jedná, tržní riziko dělíme na úrokové riziko, akciové riziko, komoditní riziko a měnové riziko. Jinými slovy lze říct, že se jedná o riziko ztráty ze změn cen nástrojů citlivých na úrokové míry, ceny akcií a komodit a na měnové kurzy.
- **Úvěrové riziko** – je chápáno jako ztráta ze selhání protistrany tím, že nesplní své závazky dle podmínek uvedených ve smlouvě a způsobí tím věřiteli ztrátu. Závazek vzniká z úvěrových aktivit, z platebního styku a dalších.
- **Operační riziko** – vyplývá v důsledku ztráty z nedostatečnosti či selhání vnitřních procesů, osob nebo technických systémů.
- **Likvidní riziko** – lze považovat za riziko ztráty v momentální platební neschopnosti.
- **Obchodní riziko** – zahrnuje sedm skupin rizik. Jde o právní riziko, riziko změny úvěrového hodnocení, reputační riziko, daňové riziko, riziko měnové konvertibility, riziko pohromy a regulační riziko.

Na riziko lze pohlížet i z jiného úhlu, a to jako na **celkové riziko** skládající se ze systematického rizika a jedinečného rizika.

**Systematické riziko** je dáno tržním portfoliem a lze ho eliminovat pomocí zajištění tzv. hedgingem. Vzniká v důsledku změn v celkovém ekonomickém prostředí, může dojít ke změně daní, úroků atd. **Jedinečné** (specifické) **riziko** je způsobeno specifickými vlastnostmi jednotlivých aktiv a technika jeho eliminace spočívá v rozložení neboli v diverzifikaci rizika. To znamená, čím více aktiv budeme mít v portfoliu, tím nám bude klesat jedinečné riziko. Na obr. 3.1 je zobrazen vývoj jedinečného, systematického a celkového rizika.

**Obr. 3.1 Jedinečné, systematické a celkové riziko portfolia**



Zdroj: vlastní zpracování

Symbol  $N$  zobrazuje počet nástrojů v portfoliu a  $\sigma_p^2$  označuje riziko portfolia.

Na komoditním spotovém trhu se lze setkat se čtyřmi typy rizik.<sup>[1]</sup>

- **Cenové riziko** – vyplývá z pohybu spotových cen komodit. Dá se proti němu zajistit pomocí hedgingových strategií, které jsou podrobněji popsány v kapitolách 3.1 a 3.2.
- **Rizika transportu** – při přepravě komodit se vystavujeme dvojímu typu rizik. Prvním z nich je běžné riziko, kdy může dojít k částečnému či úplnému poškození zboží během dopravy. Druhým typem je tzv. mimořádné riziko jako jsou války, stávky, povstání či nepokoje.
- **Rizika z dodání** – při dodání zboží je kladen důraz na jeho kvalitu, pro který neexistuje žádné finanční zajištění. Pouze dlouhodobé vztahy s tvůrci nebo velmi přizpůsobené smlouvy mohou poskytnout krytí proti riziku.
- **Kreditní riziko** – spočívá v tom, že dlužník nedostojí svým závazkům, ať už z důvodu platební neschopnosti či platební nevůle.

Hlavní příčinou vzniku finančních derivátů byla snaha se zajistit proti finančním rizikům. Finanční deriváty mají podstatný význam pro řízení rizik a v současné době existují tři postoje využití těchto derivátů.

Prvním z nich je **zajištění** neboli **hedging** používaný k zajištění proti nepříznivému vývoji ceny aktiv. Pomocí finančních derivátů se zafixuje cena podkladového aktiva k danému datu v budoucnu.

Pomocí **spekulace** se snaží obchodníci vydělat na finančních trzích. Hlavní myšlenka spočívá v tom, že spekulanti se snaží vydělat na svém odhadu budoucích cen finančních instrumentů. Tyto instrumenty nakupují tehdy, kdy předpokládají, že cena aktiva je podhodnocena nebo prodávají v případě, že je cena nadhodnocena.

**Arbitráž** se využívá při cenových diferencích na trhu. Tzv. arbitrážisté nakupují finanční aktiva na trhu, kde jsou levnější a prodávají tato aktiva na trhu, kde jsou dražší, mluvíme o **teritoriální arbitráži**. Pokud se ceny na termínovém trhu liší od cen odvozených z finančních instrumentů na promptním trhu, jde o tzv. **časovou arbitráž**.

Další část bude zaměřena na zajištění finančních instrumentů. Princip hedgingu spočívá ve vytvoření hedgingového portfolia z rizikových aktiv, které chceme zajistit.

Metody hedgingu lze charakterizovat podle následujících hledisek<sup>[15]</sup> :

- Podle **počtu revizí v čase** na *statické* (na jedno období) a *dynamické* (na více období),
- Podle **frekvence** zachycení a zobrazení vstupních dat na *diskrétní* a *spojité*,
- Podle **způsobu eliminace finančního rizika** na *specifické* (jedinečné) a *systematické* (faktorové) riziko,
- Podle **typů finančních produktů** rozlišujeme na *akcie*, *obligace*, *měnu*, *komoditu*, *futures* a *opce*,
- Podle **hedgingových strategií** na *faktorově neutrální* (delta hedgng, delta gama heding atd.), *minimalizace rozptylu*, *minimalizace hodnoty Value at risk*, *minimalizace střední hodnoty ztráty* a *maximalizace střední hodnoty funkce užitku*,
- Podle **typu zajišťovacího instrumentu** na *forward*, *futures*, *swap* a *opce*.



### 3.1 Zajištění forwardem

Hlavním předpokladem při vzniku forwardu je nulová výchozí hodnota. Vzhledem k tomu, že je realizační cena  $X$  předem známa a výplatní funkce má lineární tvar, lze napsat:

$$F_{t,T} = e^{df \cdot T} \{E_t[S_T] - X\}, \quad (3.1)$$

kde  $E_t[S_T]$  je očekávaná hodnota podkladového aktiva v době zralosti a  $df$  představuje diskontní faktor.

Hlavním krokem bude zjištění bezrizikového portfolia  $\Pi$ , to znamená, že jsme schopni s jistotou určit hodnotu portfolia v době zralosti. Abychom zamezili vzniku arbitrážních příležitostí, portfolio musí mít bezrizikový výnos. Vnitřní hodnota forwardu je dána vztahem (2.1) skládající se z realizační ceny  $X$  (stanovené na počátku) a z ceny podkladového aktiva v době realizace  $S_T$ , které je neznáme.

Portfolio lze sestavit následovně:

$$\Pi = S - F \quad \text{případně} \quad \Pi = -S + F. \quad (3.2)$$

Optimální podoba portfolia na počátku zahrnující dodatečný výnos  $d$  je:

$$\Pi_t = S_t \cdot e^{-d \cdot \tau} - F_t, \quad (3.3)$$

kde  $d$  představuje dodatečný výnos. Dodatečným výnosem rozumíme dividendový výnos, přínosy z fyzického držení a skladovací náklady, které snižují dodatečný výnos.

V době zralosti dostaneme:

$$t = T : \quad \Pi_T = S_t \cdot e^{-d \cdot \tau} \cdot e^{(\mu+d) \cdot \tau} - (S_t \cdot e^{\mu \cdot \tau} - X) = X. \quad (3.4)$$

Sestavené portfolio je skutečně bezrizikové. Známe hodnotu forwardu v době realizace,  $\Pi_T = X$  pro jakoukoliv hodnotu finančního instrumentu.

Současnou hodnotu získáme pomocí diskontování bezrizikovou sazbou  $r$ .

$$t = T - \tau : \quad \Pi_t = \Pi_T \cdot e^{-r \cdot \tau} = X \cdot e^{-r \cdot \tau} = S_t \cdot e^{-d \cdot \tau} - F_{t,T}, \quad (3.5)$$

z toho plyne

$$F_{t,T} = S_t \cdot e^{-d \cdot \tau} - X \cdot e^{-r \cdot \tau}. \quad (3.6)$$

V případě vytknutí diskontního faktoru, získáme,

$$F_{t,T} = e^{-r \cdot \tau} (S_t \cdot e^{(r-d) \cdot \tau} - X). \quad (3.7)$$

Jestliže realizační cena odpovídá očekávané hodnotě podkladového aktiva, pak je hodnota forwardu rovná nule, tedy

$$F_{t,T} = 0 \Leftrightarrow E_t[S_T] = X. \quad (3.8)$$

V následující tabulce 3.1 je zachycena výplata forwardu na komoditu a sestavení bezrizikového portfolia. Vnitřní hodnota forwardu pro dlouhou a krátkou pozici je vypočtena dle vztahu (2.1) a (2.2). Hodnotu forwardu propočteme dle vzorce (3.6). Pro získání bezrizikového portfolia je použitý vztah (3.2).

**Tab. 3.1 Výplata forwardu na komoditu a bezrizikové portfolio**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Bezrizikové portfolio
	$S_T$	$-S_T$	$F_T$	$-F_T$	$\Pi_T = S_T - F_T$
320	+ 314	- 314	- 36	36	$314 + 36 = 350$
335	+ 328	- 328	- 22	22	$328 + 22 = 350$
350	+ 343	- 343	- 7	7	$343 + 7 = 350$
365	+ 358	- 358	8	- 8	$358 - 8 = 350$
380	+ 372	- 372	22	- 22	$372 - 22 = 350$

Zdroj: vlastní zpracování

Symbol  $S_T$  označuje cenu komodity pohybující se v době zralosti v rozmezí [320;380] s intervalem  $\Delta S = 15$  Kč/MWh, bezriziková sazba  $r_f$  je ve výši 1,5 % a realizační cena  $X = 350$  Kč/MWh. Cena podkladového aktiva v době zralosti  $S_T$  je snížena o skladovací náklady, které činí 2 %.

### 3.2 Call opce

Vnitřní hodnota má u opcí podstatný význam. Je definována jako přínos z okamžitého uplatnění opce a odpovídá výplatní funkci.<sup>[10]</sup> Jinými slovy lze říci, jestliže se uskuteční nákup resp. prodej podkladového aktiva na derivátovém trhu a následný nákup resp. prodej stejného aktiva na promptním trhu dostaneme rozdíl mezi výnosem na derivátovém trhu a náklady na trhu promptním. Výše tohoto rozdílu odpovídá vnitřní hodnotě opce.

U opcí může být vnitřní hodnota v těchto pozicích v penězích (ITM,  $VH > 0$ ), na penězích (ATM,  $VH = 0$ ) a mimo peníze (OTM,  $VH < 0$ ). V tabulce 3.2 je zachycený vztah vnitřní hodnoty pro vanilla call a put opce.

**Tab. 3.2 Vztah vnitřní hodnoty pro vanilla call a put opce**

Opce vztah $S_t$ a $X$	Vanilla call		Vanilla put	
	$VH$	označení	$VH$	označení
$S_t > X$	$S_t - X$	ITM	0	OTM
$S_t = X$	0	ATM	0	ATM
$S_t < X$	0	OTM	$X - S_t$	ITM

Zdroj: Finanční deriváty

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že pokud bude call opce v penězích, tak put opce musí být mimo peníze. Jestliže v čase  $t$  bude vnitřní hodnota call opce pozitivní, tj.  $S_t > X$ , tak vnitřní hodnota put opce je nulová.

Výplatní funkce call opce na komoditu je znázorněna v tab. 3.3. Výplata call opce se vypočte dle vztahu (2.6) pro dlouhou pozici a (2.8) pro krátkou pozici. Portfolio se vypočte dle následujícího vztahu,

$$\Pi = S - c \quad \text{případně} \quad \Pi = -S + c. \quad (3.8)$$

**Tab. 3.3 Výplata call opce a portfolio**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva $S$	Prodej aktiva $S$	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	+ 314	- 314	0	0	$314 - 0 = 314$	$-314 + 0 = -314$
335	+ 328	- 328	0	0	$328 - 0 = 328$	$-328 + 0 = -328$
350	+ 343	- 343	0	0	$343 - 0 = 343$	$-343 + 0 = -343$
365	+ 358	- 358	8	- 8	$358 - 8 = 350$	$-358 + 8 = -350$
380	+ 372	- 372	22	- 22	$372 - 22 = 350$	$-372 + 22 = -350$

Zdroj: vlastní zpracování

Symbol  $S_T$  označuje cenu komodity pohybující se v době zralosti v rozmezí [320;380] s intervalem  $\Delta S = 15$  Kč/MWh a realizační cena  $X = 350$  Kč/MWh. Cena podkladového aktiva v době zralosti  $S_T$  je snížena o skladovací náklady, které činí 2 %.

Výplata asijské call opce typu *average price* se vypočte podle vztahu (2.14). Pro asijskou opci typu *average strike* je výplatní funkce uvedena ve vzorci (2.18). V níže uvedených tabulkách (3.4 a 3.5) je znázorněna výplata pro asijské opce.

**Tab. 3.4 Výplata average price Asian call opce a portfolio**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_A$	$-S_A$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
298	+ 295	- 295	0	0	$295 - 0 = 295$	$-295 + 0 = - 295$
340	+ 316	- 316	0	0	$316 - 0 = 316$	$-316 + 0 = - 316$
376	+ 334	- 334	0	0	$334 - 0 = 334$	$-334 + 0 = - 334$
388	+ 354	- 354	4	- 4	$354 - 4 = 350$	$-354 + 4 = - 350$
398	+ 371	- 371	21	- 21	$371 - 21 = 350$	$-371 + 21 = - 350$

Zdroj: vlastní zpracování

**Tab. 3.5 Výplata average strike Asian call a portfolio**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	+ 314	- 314	19	- 19	$314 - 19 = 295$	$- 314 + 19 = - 295$
335	+ 328	- 328	12	- 12	$328 - 12 = 316$	$-328 + 12 = - 316$
350	+ 343	- 343	9	- 9	$343 - 9 = 334$	$-343 + 9 = - 334$
365	+ 358	- 358	4	- 4	$358 - 4 = 354$	$-358 + 4 = - 354$
380	+ 372	- 372	2	- 2	$372 - 2 = 371$	$-372 + 2 = - 371$

Zdroj: vlastní zpracování

Stav u average price Asian call opce odpovídá poslední hodnotě u časových řad. Symbol  $S_A$  označuje průměrnou cenu komodity vypočtenou z časových řad cen [256, 390, 315, 245, 298]; [274, 305, 346, 348, 340]; [293, 330, 345, 360, 376]; [364, 395, 307, 352, 388] a [350, 380, 372, 390, 398]. Realizační cena  $X = 350$  Kč/MWh. Průměrná cena podkladového aktiva v době zralosti  $S_A$  je snížena o skladovací náklady, které činí 2 %.

Výhodou asijských opcí je především nižší volatilita plynoucí z průměrných cen podkladových aktiv. Z tohoto důvodu je cena asijské opce nižší než u standardních opcí. Je lepší cena založena na průměru mnoha cen než na jedné ceně v době expirace.

Výplatní funkce bariérových call opcí na komoditu je zachycena v tabulce 3.6 pro knock-in a v tabulce 3.7 pro knock-out. Pro výpočet výplaty knock-in call opce se použije

vzorec (2.19). Pro knock-out call opci je využit vzorec (2.20). Portfolio se určí dle vztahu (3.8).

**Tab. 3.6 Výplata knock-in call opce a portfolio**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva $S$	Prodej aktiva $S$	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	+ 314	- 314	0	0	$314 - 0 = 314$	$-314 + 0 = -314$
335	+ 328	- 328	0	0	$328 - 0 = 328$	$-328 + 0 = -328$
350	+ 343	- 343	0	0	$343 - 0 = 343$	$-343 + 0 = -343$
365	+ 358	- 358	0	0	$358 - 0 = 358$	$-358 + 0 = -358$
380	+ 372	- 372	22	- 22	$372 - 22 = 350$	$-372 + 22 = -350$

Zdroj: vlastní zpracování

**Tab. 3.7 Výplata knock-out call opce a portfolio**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva $S$	Prodej aktiva $S$	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	+ 314	- 314	0	0	$314 - 0 = 314$	$-314 + 0 = -314$
335	+ 328	- 328	0	0	$328 - 0 = 328$	$-328 + 0 = -328$
350	+ 343	- 343	0	0	$343 - 0 = 343$	$-343 + 0 = -343$
365	+ 358	- 358	8	- 8	$358 - 8 = 350$	$-358 + 8 = -350$
380	+ 372	- 372	0	0	$372 - 0 = 372$	$-372 + 0 = -372$

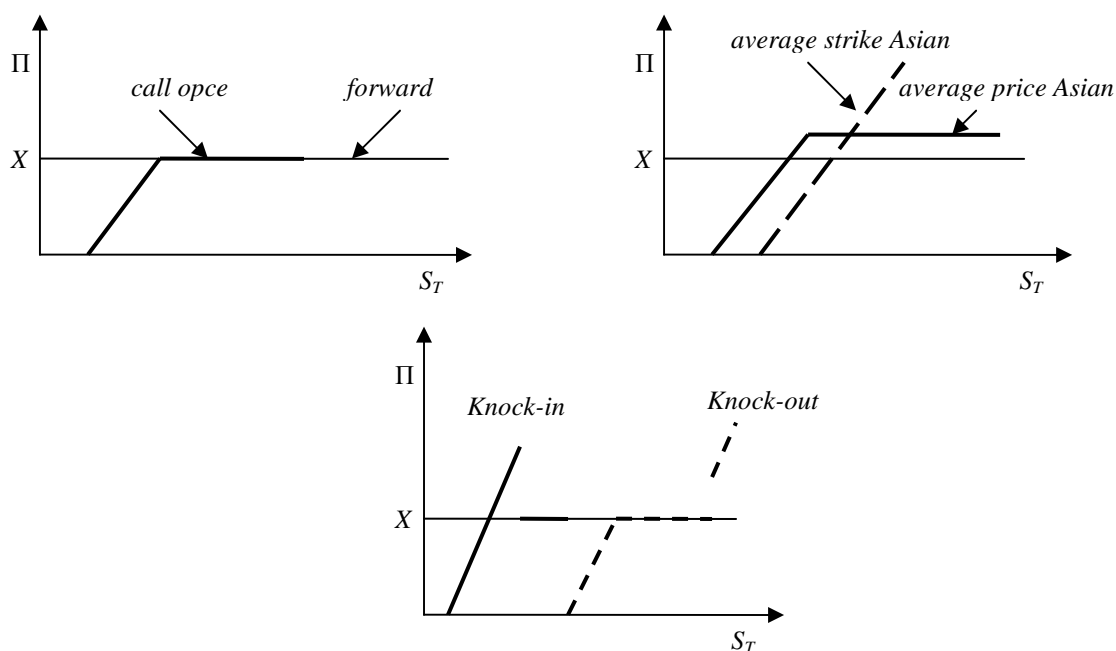
Zdroj: vlastní zpracování

Symbol  $S_T$  označuje cenu komodity pohybující se v době zralosti v rozmezí [320;380] s intervalem  $\Delta S = 15$  Kč/MWh. Bariéra je stanovena ve výši  $H = 370$  Kč/MWh a realizační cena na úrovni  $X = 350$  Kč/MWh. Cena podkladového aktiva v době zralosti  $S_T$  je snížena o skladovací náklady, které činí 2 %.

Výplata bariérových opcí závisí na čase a aktuální spotové ceně. Historický vývoj ceny finančního instrumentu ovlivňuje skutečnost, zda bude opce v době zralosti uplatnitelná či nikoliv. Pokud cena podkladového aktiva  $S_t$  dosáhne v průběhu životnosti opce stanovené bariéry  $H$ , dochází k aktivaci opce nebo k jejímu zrušení. V příloze č. 3 jsou zachycené situace, kdy cena finančního nástroje je v době expirace stejná, rozdílnost spočívá v tom, že u každé situace předchází jiný historický vývoj ceny komodity. Vždy je uvedená situace pro knock-in a knock-out opce. Z tabulek (1.,2.,3.,4.,5.,6.) je patrný vývoj portfolií, kdy dochází k aktivaci či zrušení opcí.

Hlavní výhody bariérových opcí ve srovnání s opcemi evropskými či americkými jsou především nižší ceny, větší flexibilita a citlivější zajištění. Kupující opce má možnost participovat na příznivém vývoji trhu. Z těchto důvodů se stávají bariérové opce čím dál více populárnější.

**Obr. 3.2 Portfolia**



Zdroj: vlastní zpracování

Pro lepší názornost jsou jednotlivá portfolia zobrazena graficky (3.2). V prvním grafu je znázorněn forward s call opcí, v dalším asijské opce – average price a average strike. V posledním jsou zobrazeny bariérové opce – knock-in a knock-out. Opce average Asian price, average Asian strike, knock-in a knock-out jsou pro lepší přehlednost nakresleny vedle sebe, jinak by vycházely ze stejného bodu a překrývaly by se.

### 3.3 Pasivní strategie

V rámci hedgingu podle úrovně zajištění rozlišujeme dokonalý hedging, superhedging, částečný hedging a nezajištěné portfolio. Právě poslední zmiňovaný pojem bude stěžejní v této podkapitole.

Nezajištěné portfolio, jinak také pasivní strategie, spočívá v tom, že firma uzavře kontrakt na dodání určité komodity, za které má inkasovat v budoucnu peníze. Vzhledem k tomu, že na cenu této komodity mohou mít vliv jak úrokové sazby, měnový kurz či cena jiné

komodity a další kritéria, tak odběrateli vzniká riziko z nepříznivého vývoje ceny tohoto aktiva. Pokud se odběratel proti výkyvům ceny nezajistí, nachází se v tzv. nekryté pozici a je držitelem nezajištěného portfolia.

## 4 Aplikace hedgingových strategií při eliminaci komoditního rizika u vybrané společnosti

V této části budou posouzeny jednotlivé metody zajištění proti riziku. Na zajištění se budeme dívat z pohledu firmy, která je vystavena komoditnímu riziku plynoucímu z růstu ceny plynu. Budou aplikovány tyto strategie – pasivní zajištění, swap, forward, call opce, asijské opce a bariérové opce.

Vybrané strategie budou porovnány podle stanovených kritérií – střední hodnota, směrodatná odchylka, medián, šikmost, špičatost,  $VaR$  1%,  $VaR$  5%,  $VaR$  10%,  $VaR$  90% a  $VaR$  99%. Následně dojde ke zhodnocení vztahu výnosu a rizika a dále podle postojů investora k riziku.

### 4.1 Vstupní informace

Plynárenská společnost ASD Ostrava se zabývá distribucí plynu a elektrické energie nejen v České republice, ale také v jiných zemích střední Evropy. Díky rozložení portfolia nákupu plynu na více trhů a operativnímu obchodování je schopná nabídnout vysoce konkurenceschopné ceny svým odběratelům.

Trh s plynem je velmi dynamický a výkyvy cen jsou těžko předvídatelné a snadno ovlivnitelné různými faktory jako jsou úroky, měny, ceny jiných komodit, v našem případě cena ropy, která přímo úměrně ovlivňuje cenu plynu. Z těchto důvodů se firma rozhodla zajistit proti komoditnímu riziku plynoucímu z růstu ceny plynu.

Aby společnost uspokojila poptávku svých zákazníků, má v plánu nakoupit měsíčně 480 000 MWh plynu (tj. 5 760 000 MWh/za rok). Vzhledem k nepředvídatelnému vývoji ceny komodity firma zvažuje několik možností zajištění.

Cena plynu je sledována denně od 2. 1. 2002 do 31. 12. 2009. Data jsou dostupná na webových stránkách X-Trade Brokers<sup>[19]</sup>. Denní ceny jsou uvedeny příloze č. 1. Úrokové sazby jsou stanovené na úrovni PRIBOR. Denní úroková sazba činí 1,03 %, týdenní je ve výši 1,12 %, měsíční na úrovni 1,23 % a roční se pohybuje na úrovni 1,95 %.<sup>[16]</sup>

Pro odhad parametrů budou využity Mean reversion procesy zohledňující návrat k dlouhodobé rovnováze a simulační metoda Monte Carlo na bázi geometrického Brownova procesu s logaritmickými cenami. V případě mean reversion procesů se jedná o Ornstein–Uhlenbeckův model s aritmetickými cenami, Ornstein–Uhlenbeckův model s logaritmickými cenami a Schwartzův model. Hodnoty parametrů se určí metodou nejmenších čtverců,



založených na minimalizaci součtu čtverců odchylek. Bude nasimulováno 10 000 scénářů s využitím náhodných čísel z normovaného normálního rozdělení  $N[0,1]$ . Rozhodovacím kritériem pro výběr nejvhodnějšího modelu bude směrodatná odchylka.

U forwardového kontraktu bude docházet ke každodennímu vypořádání a nakupovaný objem bude ve výši 16 tis. MWh na den. V rámci pasivní strategie a swapového kontraktu je týdenní objem plynu 80 tis. MWh a měsíční objem plynu stanoven na úrovni 480 tis. MWh a k jeho vypořádání dojde 52krát resp. 12krát. U pasivní strategie je roční kapacita daná ve výši 5 760 tis. MWh. Při aplikaci opcí, v rámci vybraných strategií zajištění je stanoveno, že jedna opce zní na 1 000 MWh plynu.

Vybrané hedgingové strategie budou znázorněny graficky na základě rozdělení pravděpodobnosti 10 000 zjištěných výsledků rozložených do 20 intervalů, ke kterým budou přiřazeny četnosti. Intervalové rozpětí  $[-1\,500\,000; 25\,000\,000]$  s intervalem  $\Delta = 1\,325\,000$  je pro všechny typy zajištění stejné, abychom mohli vybrané strategie mezi sebou vzájemně porovnat. Rozložení pravděpodobnosti lze zjistit prostřednictvím funkce MS Excel "ČETNOSTI".

Vybrané hedgingové strategie jsou následující:

- **Krytá pozice** – společnost nakoupí požadovaný objem plynu na celý rok v čase  $t_0$  za cenu  $S_{t_0}$ .
- **Pasivní strategie** – v rámci této strategie může dojít k zajištění pomocí dvou způsobů. Prvním je, že společnost nakoupí požadovaný objem plynu na začátku každého týdne v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 52$ ) za cenu  $S_{t_i}$ . Další variantou může být nákup plynu na začátku každého měsíce v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ) za cenu  $S_{t_i}$ .
- **Uzavření swapového kontraktu** – i v tomto případě budou dva přístupy zajištění. První z nich je, že společnost uzavře v čase  $t_0$  swapový kontrakt na pořízení plynu, kdy k vypořádání bude docházet každý týden. Druhým z nich je uzavření swapového kontraktu na každý měsíc v čase  $t_0$  na nákup komodity a v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ) nakoupí sjednaný objem za předem dohodnutou cenu.

- **Uzavření forwardové kontraktu** – v rámci tohoto zajištění firma uzavře v čase  $t_0$  forwardový kontrakt na pořízení plynu. V čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots 252$ ) bude docházet ke každodennímu vypořádání.
- **Zakoupení call opce** – společnost v čase  $t_0$  nakoupí opce na rok dopředu a k vypořádání bude docházet každý den tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots 252$ ).
- **Asijské call opce** – u tohoto typu zajištění společnost v čase  $t_0$  nakoupí opce na následující rok. K vypořádání dojde vždy každý den tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots 252$ ).
- **Bariérové call opce** – v čase  $t_0$  společnost nakoupí opce na rok dopředu a k vypořádání bude docházet každý den tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots 252$ ).

Výsledný efekt ze zajištění bude stanovený na bázi vynaložených nákladů na nákup daného objemu plynu. Celkový efekt bude přepočítán pomocí úročitele ke konci roku.

Na základě těchto kritérií dojde ke zhodnocení vybraných strategií:

- střední hodnota,
- směrodatná odchylka,
- medián,
- šikmost,
- špičatost,
- $VaR$  1%,
- $VaR$  5%,
- $VaR$  10%,
- $VaR$  90%,
- $VaR$  99%.

Tato kritéria budou porovnána mezi vybranými strategiemi. Poté budou dané strategie zhodnoceny jak dle vztahu výnos – riziko, tak z hlediska jejich vhodnosti pro investory s různým vztahem k riziku.

## 4.2 Odhad parametrů vývoje ceny plynu

Pro odhad parametrů je potřeba zjistit podle jakého typu procesu se bude vyvíjet cena plynu. Vzhledem k tomu, že u cen komodit se předpokládá návrat k dlouhodobé rovnováze, budeme aplikovat mean reversion procesy, které zohledňují tuto dlouhodobou rovnováhu. Jedná se o Ornstein–Uhlenbeckův model s aritmetickými cenami, Ornstein–Uhlenbeckův model s logaritmickými cenami a Schwartzův model.

Základním principem těchto procesů je transformace původního modelu na lineární tvar. Nejdříve se odhadnou parametry těchto lineárních modelů, které se přepočtou na koeficienty jednotlivých modelů.

Odhadovaný Ornstein–Uhlenbeckův model s aritmetickými cenami (2.32),

$$\frac{dS_t}{S_t} = a \cdot (b - S_t) \cdot dt + \sigma \cdot dz,$$

odhadovaný Ornstein–Uhlenbeckův model s logaritmickými cenami (2.33),

$$d \ln S_t = a \cdot (\ln b - \ln S_t) \cdot dt + \sigma \cdot dz,$$

odhadovaný Schwartzův model (2.34),

$$\frac{dS_t}{S_t} = a \cdot (\ln b - \ln S_t) \cdot dt + \sigma \cdot dz,$$

kde  $a$ ,  $b$  jsou odhadované parametry,  $\sigma$  je směrodatná odchylka,  $dt$  je časový interval,  $dz$  je náhodná veličina  $dz \in N[0,1]$ . Pomocí regresní analýzy byl proveden odhad parametrů.

Další metodou pro zjištění parametru je simulační metoda Monte Carlo na bázi geometrického Brownova modelu s logaritmickými cenami (2.31)

$$S_T = S_t \cdot e^{(\alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz)},$$

kde  $\alpha$  je spojitý výnos  $\left( \alpha = \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right)$ .

V níže uvedené tabulce jsou zveřejněné směrodatné odchylky jednotlivých procesů.

**Tab. 4.1 Směrodatné odchylky jednotlivých procesů**

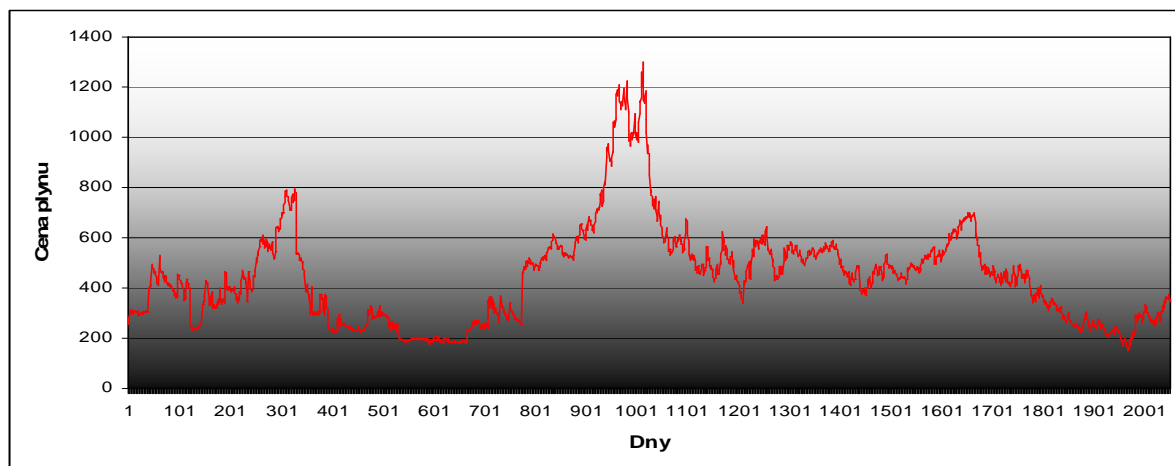
Typ modelu	$\sigma$
<b>O-U model s aritmetickými cenami</b>	12,74
<b>O-U model s logaritmickými cenami</b>	12,13
<b>Schwartzův model</b>	12,74
<b>geometrický Brownův model</b>	0,754

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výběr nejvhodnějšího modelu bylo stanoveno kritérium minimální směrodatné odchylky. Tuto skutečnost splňuje geometrický Brownův model.

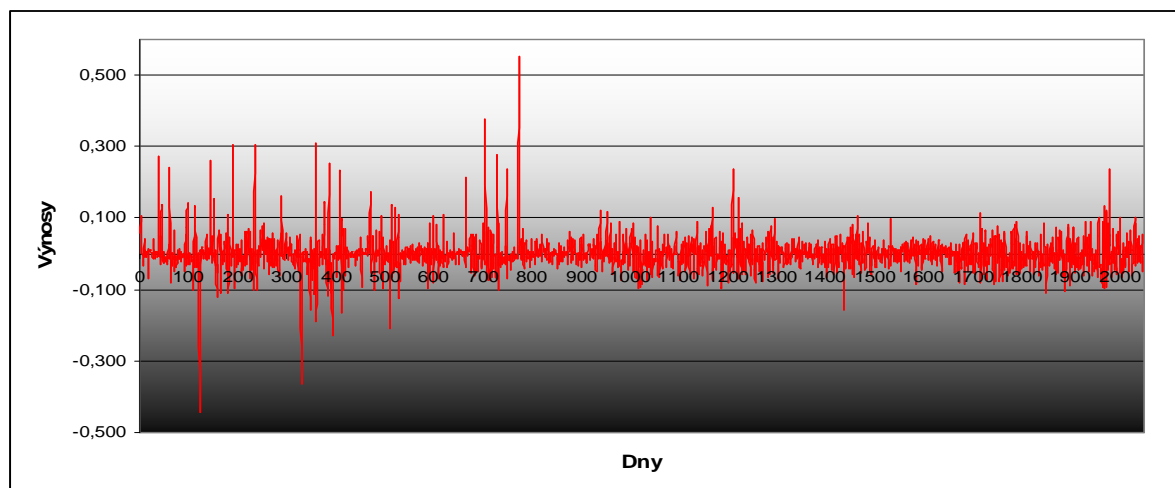
Parametry směrodatné odchylky  $\sigma$  a střední hodnoty  $\mu$  byly zjištěny z historické řady spojitých výnosů. Vypočtená denní směrodatná odchylka je rovna  $\sigma = 0,047$  a střední hodnota časové řady za osmileté období je  $\mu = 0,000146$ . Nyní bude nutné převést denní hodnoty na roční a to tímto způsobem,  $0,047 \cdot \sqrt{252} = 0,746$  pro směrodatnou odchylku a  $0,000146 \cdot 252 = 0,0368$  pro střední hodnotu. V následujících obrázcích (4.1) a (4.2) je zobrazena historická časová řada ceny plynu a vývoj spojitých výnosů s denním intervalem za osm let.

**Obr. 4.1 Historický vývoj ceny plynu**



Zdroj: [www.xtb.cz](http://www.xtb.cz)

**Obr. 4.2 Spojité výnosy**



Zdroj: vlastní zpracování

Koncentrace denních výnosů znamená jejich větší nakupení v určité části nebo částech variačního rozpětí. Existují dva typy koncentrace, a to šikmost a špičatost.

U šikmosti lze charakterizovat koncentraci založenou na porovnání četností malých hodnot znaku s četností velkých hodnot. Symetričnost pravděpodobnostního rozdělení se projevuje v případě, kdy jsou tyto četnosti stejné, tzn. šikmost je rovna nule. Asymetrické rozdělení pravděpodobnosti vzniká za předpokladu, kdy četnost malých hodnot je větší než četnost velkých hodnot, jde o tzv. levostranné zešikmění (kladné), vrchol rozdělení leží vlevo od aritmetického průměru. Pokud bude platit, že četnost malých hodnot je menší než četnost velkých hodnot, lze hovořit o tzv. pravostranném zešikmění (záporné), vrchol rozdělení leží vpravo od aritmetického průměru.

U špičatosti se srovnávají četnosti výnosů znaku prostřední velikosti s četnostmi ostatních výnosů. Větší četnosti prostředních výnosů v porovnání s četnostmi ostatních výnosů se projeví špičatým tvarem rozdělení. Stejně velké četnosti prostředních a ostatních výnosů se projevují plochostí tvaru rozdělení pravděpodobnosti.

Pomocí funkcí "SKEW" (šikmost) a "KURT" (špičatost) v programu MS Excel jsou vypočtené hodnoty těchto parametrů. U šikmosti vyšla kladná hodnota ve výši 1,4199, jde o kladné vychýlení, tedy zešikmění doprava. Špičatost má kladnou hodnotu na úrovni 21,8051, to znamená, že rozdělení výnosu je špičaté.

### 4.3 Simulace ceny plynu

Odhad bude provedena na základě simulace Monte Carlo na bázi geometrického Brownova modelu s logaritmickými cenami. Pro období jednoho roku, tj. 252 dní, bude nasimulováno 10 000 scénářů.

V MS Excelu pomocí nabídky *Nástroje - Analýza dat- Generátor pseudonáhodných čísel* vygenerují náhodná čísla z normovaného normálního rozdělení  $N[0,1]$  a podle vztahu (2.31) se vypočte výše ceny plynu na rok dopředu:

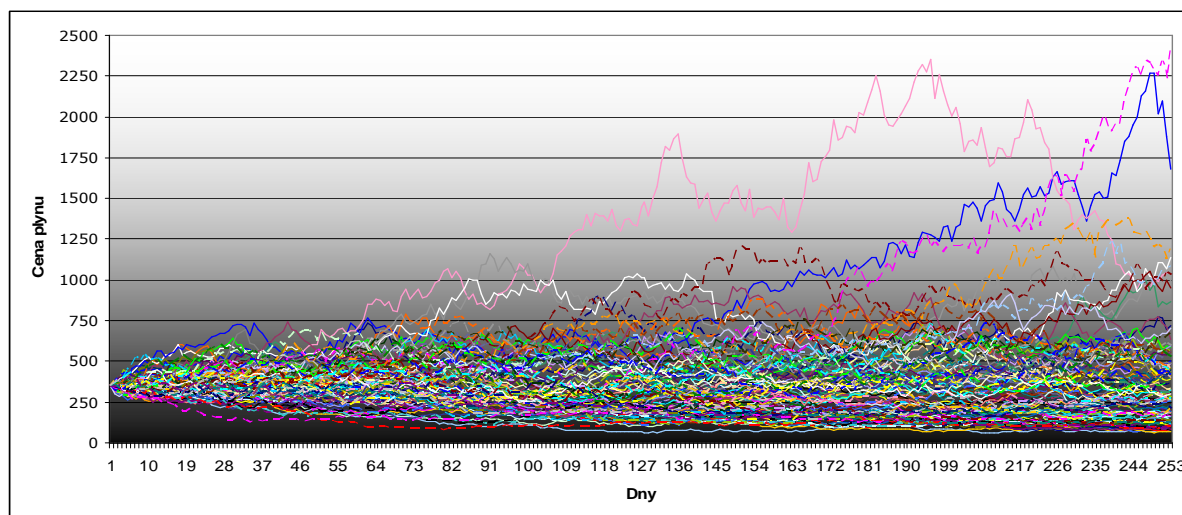
$$S_T = S_t \cdot e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot dt + \sigma \cdot dz}.$$

Vstupní parametry pro výpočet simulace jsou:

- střední hodnota  $\mu = 0,0368$ ,
- směrodatná odchylka  $\sigma = 0,746$ ,

- výchozí cena plynu  $S_0 = 348,5$  Kč/MWh,
- počet kroků, pro které má být simulace provedena je  $N = 252$ ,
- délka jednoho kroku,  $\Delta t = 1/252$ .

**Obr. 4.3 Simulace Monte Carlo**



Zdroj: vlastní zpracování

Pro lepší čitelnost je v obrázku zobrazeno pouze 100 scénářů. V grafickém zobrazení můžeme vidět, jak se může cena plynu vyvíjet v průběhu následujícího roku.

## 4.4 Ocenění finančních instrumentů

V této části budou stanoveny ceny forwardu a call opce na komoditu, asijské call opce a bariérové call opce. Tyto hodnoty poslouží jako vstupní údaje v další kapitole pro výpočet vybraných hedgingových strategií.

### 4.4.1 Ocenění swapu

Při uzavírání kontraktu se společnost nachází v dlouhé pozici. Vztah pro výpočet hodnoty forwardu je uvedený v části 2.1.1. Tento vzorec bude upraven, jelikož bude docházet k měsíčnímu vypořádání.

Hodnota forwardu pro dlouho pozici se vypočte:

$$f_{t,T} = (S_t + U) \cdot e^{-cy(T-t)} - X \cdot e^{-r_f \cdot (T-t)}, \quad (4.1)$$

kde  $S_t$  je cena podkladového aktiva v době uzavření kontraktu,  $U$  představuje skladovací náklady,  $cy$  výnosy z držení komodity,  $X$  je označení pro realizační cenu,  $r_f$  je bezriziková sazba a rozdíl  $(T-t)$  znamená čas do zralosti.

Při výpočtu musí být zohledněno, že společnost uzavírá kontrakt na rok dopředu a během jednotlivých měsíců dojde k vypořádání kontraktu, a proto nyní budeme postupovat jako u swapového kontraktu. Swapový kontrakt se skládá z několika forwardových kontraktů, jež mají stejnou realizační cenu, ale liší se dobou realizace, platí tento vztah,

$$sw_{t,T} = \sum_t^T f_{t,T}. \quad (4.2)$$

Za  $f_{t,T}$  dosadíme vztah (4.1), pak,

$$sw_{t,T} = \sum_{t_i}^T (S_{t_i} + U) \cdot e^{-cy(T-t_i)} - X \cdot e^{-r_f(T-t_i)}, \quad (4.3)$$

kde  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ) a  $sw_{t,T}$  představuje cenu swapového kontraktu.

Předpokládáme, že cena swapového kontraktu v čase  $t_0$  je rovna nule, tak realizační cena  $X$  se dá vyjádřit následujícím vztahem,

$$X = (S_t + U) \cdot \frac{\sum_{t_i}^T e^{-cy(T-t_i)}}{\sum_{t_i}^T e^{-r_f(T-t_i)}}. \quad (4.4)$$

Vstupní parametry pro výpočet ocenění forwardu jsou následující:

- výchozí cena plynu  $S_0 = 348,5$  Kč/MWh,
- denní skladovací náklady  $U = 0,7$  Kč/MWh,
- směrodatná odchylka  $\sigma = 0,746$ ,
- přínosy z držení komodity  $cy = 3$  %,
- denní bezriziková sazba  $r_f = 1,03$  %,
- doba do splatnosti  $(T-t) = 1$  rok.

Po zadání vstupních parametrů do vztahu (4.4) získáme realizační cenu ve výši  $X = 346$  Kč/MWh.

#### 4.4.2 Ocenění opcí

##### Ocenění plain vanilla call opce

Plain vanilla call opce bude oceněna pomocí Black-Scholesova modelu upraveného na komodity.

Vstupní parametry pro výpočet ceny call opce:

- výchozí cena plynu  $S_0 = 348,5$  Kč/MWh,
- denní skladovací náklady  $U = 0,7$  Kč/MWh,
- realizační cena  $X = 346$  Kč/MWh,
- směrodatná odchylka  $\sigma = 0,746$ ,
- přínosy z držení komodity  $c_y = 3$  %,
- denní bezriziková sazba  $r_f = 1,03$  %,
- doba do splatnosti  $(T-t) = \text{počet dní do splatnosti}/252$ .

K vypořádání bude docházet každý den, proto je nutné zjistit výši ceny call opce na příslušný den. Cena opce bude mít klesající průběh v následujícím roce. V propočtu je ukázaný výpočet ceny call opce v době vypořádání tj.  $T = 252$ . Vztahy pro výpočet ceny opce jsou uvedené ve vzorcích (2.39), (2.41) a (2.42). Při dosazení vstupních údajů do vzorců získáme:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{348,5 + 0,7}{346}\right) + \left(0,0103 - 0,3 + \frac{0,746^2}{2}\right) \cdot 1}{0,746 \cdot \sqrt{1}} = 0,614,$$

$$d_2 = 0,609 - 0,756 \cdot \sqrt{1} = -0,139,$$

$$c = (348,5 + 0,7) \cdot e^{-0,03 \cdot 1} \cdot N(0,730) - 346 \cdot e^{-0,0103 \cdot 1} \cdot N(0,444) = 120,354 \text{ Kč / MWh}.$$

V programu MS Excel použijeme funkci "NORMSDIST", pomocí ní zjistíme hodnoty  $N(d_1) = 0,730$  a  $N(d_2) = 0,444$ . Jak bylo v úvodu zmíněno, jedna opce zní na 1 000 MWh, proto cena opce bude 112 354 Kč.



## Ocenění asijské call opce

Pro výpočet ocenění bude aplikován Black-Scholesův model upravený pro asijské opce. Na stanovení ceny se lze dívat z dvojího pohledu, a to geometrického a aritmetického.

Vstupní parametry pro výpočet asijské call opce:

- výchozí cena plynu  $S_0 = 348,5$  Kč/MWh,
- denní skladovací náklady  $U = 0,7$  Kč/MWh,
- realizační cena  $X = 346$  Kč/MWh,
- směrodatná odchylka  $\sigma = 0,746$ ,
- přínosy z držení komodity  $c_y = 3$  %,
- denní bezriziková sazba  $r_f = 1,03$  %,
- náklady na přepravu  $b = 1,03$  %, jelikož  $b = r_f$ ,
- doba do splatnosti  $(T-t)$  = počet dní do splatnosti/252.

Níže je uvedený propočet spojitě geometrické ceny v době vypořádání tj.  $T = 252$ . Podle těchto vztahů (2.43), (2.45), (2.46), (2.47) a (2.48),

$$\sigma_A = \frac{0,754}{\sqrt{3}} = 0,435,$$

$$b_A = \frac{1}{2} \cdot \left( 0,0103 - 0,03 - \frac{0,754^2}{6} \right) = -0,035,$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{348,5 + 0,7}{346}\right) + \left(-0,035 + \frac{0,435^2}{2}\right) \cdot 1}{0,435 \cdot \sqrt{1}} = 0,635,$$

$$d_2 = 0,635 - 0,435 \cdot \sqrt{1} = 0,608,$$

$$c^{geo} = (348,5 + 0,7) \cdot e^{(-0,038 - 0,0103) \cdot 1} \cdot N(0,737) - 346 \cdot e^{-0,0103 \cdot 1} \cdot N(0,728) = 20,322 \text{ Kč / MWh}.$$

Vývoj spojitě aritmetické ceny bude v průběhu roku klesat. Níže uvedený propočet ukazuje, v jaké výši bude cena opce v čase  $T = 252$ . Pomocí vztahu (2.43), (2.45), (2.46), (2.49), (2.50), (2.51) a (2.52) získáme,

$$M_1 = \frac{e^{(0,0103-0,03) \cdot 1} - e^{(0,0103-0,03) \cdot 0,083}}{(0,0193-0,03) \cdot (1-0,083)} = 0,994,$$

$$M_2 = \frac{2e^{(2 \cdot (0,0103-0,03)+0,754^2) \cdot 1}}{(0,0103-0,03+0,754^2) \cdot (2 \cdot (0,0103-0,03)+0,754^2) \cdot (1-0,083)^2} + \frac{2e^{(2 \cdot (0,0103-0,03)+0,754^2) \cdot 0,083}}{(0,0103-0,03) \cdot (1-0,083)^2} \cdot \left[ \frac{1}{2 \cdot (0,0195-0,03)+0,754^2} - \frac{e^{(0,0195-0,03) \cdot (1-0,083)}}{(0,0195-0,03)+0,754^2} \right] = 11,424,$$

$$b_A = \frac{\ln(0,994)}{1} = -0,013,$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\ln(11,424)}{1} - 2 \cdot (-0,006)} = 1,567,$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{348,5+0,07}{346}\right) + \left(-0,006 + \frac{1,567^2}{2}\right) \cdot 1}{1,567 \cdot \sqrt{1}} = 0,001,$$

$$d_2 = 0,001 - 1,567 \cdot \sqrt{1} = -0,013,$$

$$c^{art} = (348,5 + 0,7) \cdot e^{(-0,006-0,0103) \cdot 1} \cdot N(0,500) - 346 \cdot e^{-0,0103 \cdot 1} \cdot N(0,461) = 32,901 \text{ Kč} / \text{MWh}.$$

Využitím funkce "NORMSDIST" v MS Excelu, byly zjištěny hodnoty  $N(d_1)$  a  $N(d_2)$ . Jelikož jedna opce zní na 1 000 MWh, tak cena opce stanovená geometrickým způsobem je ve výši 20 322 Kč a cena opce stanovená aritmetickým způsobem se pohybuje na úrovni 32 901 Kč.

### Ocenění bariérové call opce

I v tomto případě bude pro výpočet ocenění využit Black-Scholesův model upravený pro bariérové opce.

Vstupní parametry pro výpočet knock-in a knock-out call opce:

- výchozí cena plynu  $S_0 = 348,5$  Kč/MWh,
- denní skladovací náklady  $U = 0,7$  Kč/MWh,

- realizační cena  $X = 346$  Kč/MWh,
- směrodatná odchylka  $\sigma = 0,746$ ,
- přínosy z držení komodity  $c_y = 3$  %,
- denní bezriziková sazba  $r_f = 1,03$  %,
- doba do splatnosti  $(T-t) = \text{počet dní do splatnosti}/252$ ,
- horní bariéra  $H^u = 350$  Kč/MWh.

Nejdříve budou propočteny ceny opce down-and-out a down-and-in. Propočet těchto cen je uvedený v čase  $T = 252$ . Pro výpočty budou použité vztahy (2.55), (2.56), (2.57), (2.58), (2.59), (2.60),

$$\lambda = \frac{0,0103 - 0,03 + \frac{0,754^2}{2}}{0,754^2} = 0,465,$$

$$y = \frac{\ln[350^2 / ((348,5 + 0,7) \cdot 346)]}{0,754\sqrt{1}} + 0,465 \cdot 0,754 \cdot \sqrt{1} = -0,002,$$

$$x_1 = \frac{\ln\left(\frac{348,5 + 0,7}{350}\right)}{0,754\sqrt{1}} + 0,465 \cdot 0,754 \cdot \sqrt{1} = 0,032,$$

$$y_1 = \frac{\ln\left(\frac{350}{348,5 + 0,7}\right)}{0,754\sqrt{1}} + 0,465 \cdot 0,754 \cdot \sqrt{1} = 0,505,$$

$$c_{do} = (348,5 + 0,7) \cdot N(0,513) \cdot e^{-0,031} - 346 \cdot e^{-0,01031} \cdot N(0,493) - (348,5 + 0,7) \cdot e^{-0,031} \cdot \left(\frac{350}{348,5 + 0,7}\right)^{2 \cdot 0,465} \cdot N(0,505) + 346 \cdot e^{-0,01051} \cdot \left(\frac{350}{348,5 + 0,7}\right)^{2 \cdot 0,482 - 2} \cdot N(0,486) = 39,978 \text{ Kč / MWh}$$

$$c_{di} = 120,354 - 39,978 = 80,382 \text{ Kč / MWh}.$$

Výsledné ceny jsou ve výši 39 978 Kč pro down-and-out call opci a ve výši 80 382 Kč pro down-and-in call opci, vzhledem k tomu, že jedna opce zní na 1 000 MWh.

Up-and-in a up-and-out call opce budou oceněny podle vztahů (2.61) a (2.62),

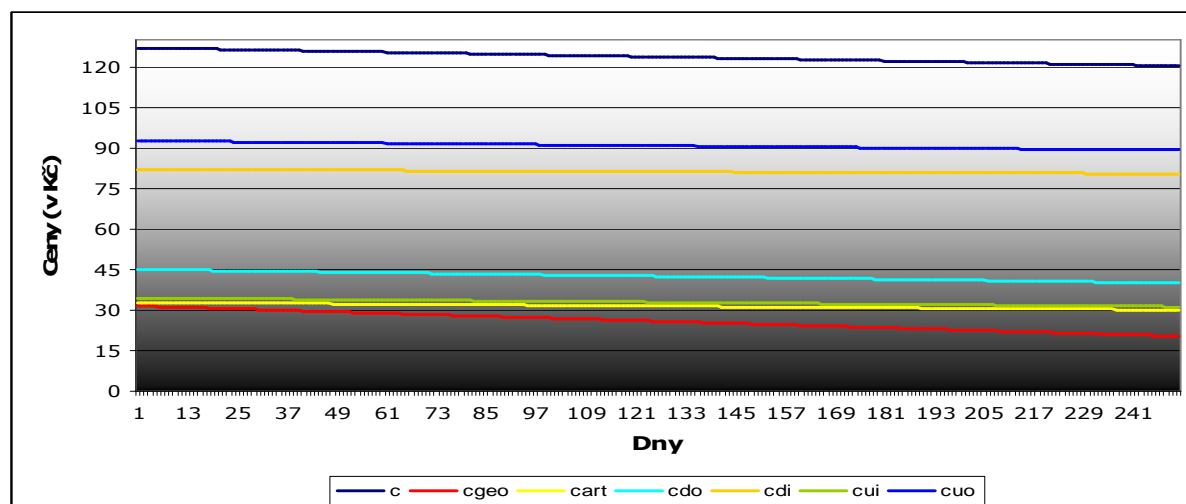
$$c_{ui} = (348,5 + 0,7) \cdot N(0,513) \cdot e^{-0,03 \cdot 1} - 346 \cdot e^{-0,0103 \cdot 1} \cdot N(0,494) - (348,5 + 0,7) \cdot e^{-0,03 \cdot 1} \cdot \left( \frac{350}{348,5 + 0,7} \right)^{2 \cdot 0,482} \cdot [N(0,998) - N(0,495)] + 342 \cdot e^{-0,0103 \cdot 1} \cdot \left( \frac{350}{348,5 + 0,7} \right)^{2 \cdot 0,482 - 2} \cdot [N(0,998) - N(0,514)] = 31,252 \text{ Kč} / \text{MWh},$$

$$c_{uo} = 120,354 - 31,252 = 89,101 \text{ Kč} / \text{MWh}.$$

Pokud jedna opce zní na 1 000 MWh, tak cena up-and-in opce na konci roku je rovna 31 252 Kč a cena up-and-out se pohybuje ve výši 89 101 Kč.

Na obr. 4.4 lze vidět vývoj jednotlivých typů opcí během následujícího roku. V příloze č. 3 jsou uvedeny ceny opcí k poslednímu dni v měsíci.

**Obr. 4.4 Vývoj cen opcí**



Zdroj: vlastní zpracování

## 4.5 Aplikace hedgingových strategií

Tato část bude věnována aplikaci hedgingových strategií při eliminaci komoditního rizika. Nejdříve budou uvedeny vstupní hodnoty, které jsou důležité pro výpočet výplatních funkcí a efektů z celkového zajištění. Jednotlivé efekty budou vyjádřeny v čase  $T = 252$ , tzn. je nutné zohlednit faktor času. Jednotlivé výsledky strategií budou graficky znázorněny.

Vstupní parametry, které poslouží pro zjištění celkového efektu ze zajištění, jsou:

- počáteční kurz  $S_0 = 348,5 \text{ Kč/MWh}$ ,

- realizační cena  $X = 346$  Kč/MWh,
- denní bezriziková sazba  $r_f = 1,03$  %,
- doba do splatnosti  $T = 1$  rok,
- denní objem nakupované komodity  $q = 16\,000$  MWh,
- týdenní objem nakupované komodity  $q = 80\,000$  MWh,
- měsíční objem nakupované komodity  $q = 480\,000$  MWh,
- cena call opce na komoditu  $c = 112\,354$  Kč,
- cena geometrické asijské opce  $c^{geo} = 20\,322$  Kč,
- cena aritmetické asijské opce  $c^{art} = 32\,901$  Kč,
- cena down-and-out call opce  $c_{do} = 39\,978$  Kč,
- cena down-and-in call opce  $c_{di} = 80\,382$  Kč,
- cena up-and-in call opce  $c_{ui} = 31\,252$  Kč,
- cena up-and-out call opce  $c_{uo} = 89\,101$  Kč.

Uvedené ceny opcí jsou platné v čase  $T = 252$ . Nyní bude následovat propoččet jednotlivých strategií. Vypočtený efekt u strategií je vyjádřen v době expirace.

#### 4.5.1 Krytá pozice

Kdyby firma zamýšlela nakoupit v čase  $t_0$  požadovaný objem plynu, musela by mít k dispozici dostatek kapitálu na nákup tohoto objemu. Při okamžitém nákupu požadovaného množství musí společnost počítat se vzniklými náklady na skladování plynu.

Celkové skladovací náklady  $U$  lze vyjádřit takto,

$$U = \frac{N_s \cdot q}{2}, \quad (4.5)$$

kde  $N_s$  představuje průměrné náklady na skladování jedné jednotky za určité období,  $q$  je velikost objemu plynu v hmotných jednotkách (v MWh).

Výsledný efekt se rovná celkovému objemu plynu na rok (tj.  $5\,760\,000$  MWh), vynásobený aktuální spotovou cenou  $S_t$ , zúročený bezrizikovou sazbou. K tomuto součtu jsou přičteny celkové roční skladovací náklady.

Efekt z nákupu komodity se propočte pomocí vztahu,

$$E = q \cdot S_t \cdot e^{r_f(t_i-t)} + \sum_{t_i} U_{t_i} \cdot e^{-r_f(t_i-t)} = 3\,654\,891 \text{ tis.Kč.}$$

Skladovací náklady  $\sum_{t_i} U_{t_i} \cdot e^{-r_f(t_i-t)}$  na rok představují sumu za jednotlivé dny do

doby vyčerpání zásob. Společnost na nákup daného objemu plynu potřebuje 3 654 891 tis. Kč.

#### 4.5.1 Pasivní strategie

Pasivní strategie neboli nekrytá pozice spočívá v tom, že společnost neprovádí žádné úkony, kterými by se snažila riziko částečně snížit nebo zcela eliminovat. Jednou z možností je nákup požadované kapacity na začátku každého týdne v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 52$ ). Během tohoto týdne firma neprovádí žádné zajišťovací kroky proti pohybu ceny plynu. Firma musí mít dostatek peněžních prostředků na nákup daného objemu.

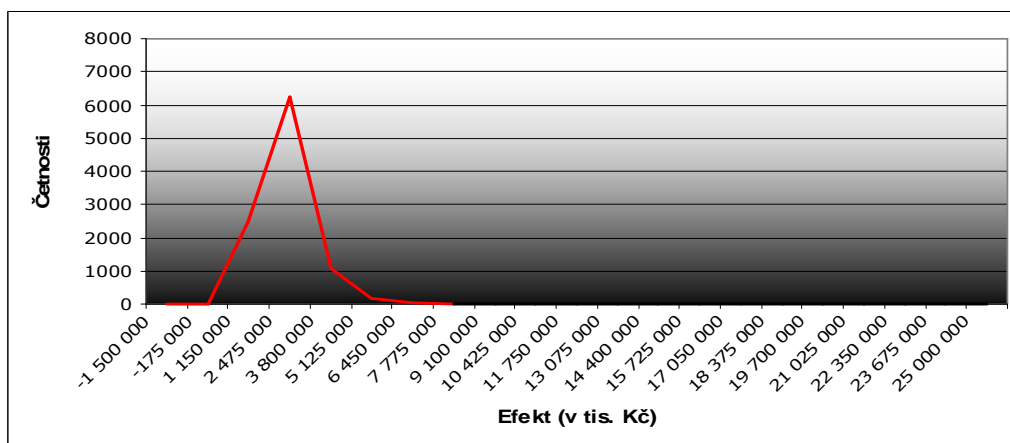
Efekt z této pozice se vypočte jako suma nákladů za jednotlivé týdny zúročené bezrizikovou sazbou, ke kterým jsou přičteny náklady na skladování za jednotlivé týdny.

Celkový efekt je na úrovni vynaložených nákladů na pořízení komodity za celý rok:

$$E = \sum_{t_i} \left( q^t \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f(t_i-t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f(t_i-t)} \right),$$

kde týdenní objem  $q^t$  je roven 80 000 MWh a  $U_{t_i}$  představuje skladovací náklady na jeden týden, vypočte se na základě vztahu (4.5). Cena za 1 MWh je rovna  $S_{t_i}$  ( $S_1, S_2, \dots, S_{52}$ ), za kterou se nakupuje na začátku týdne daný objem plynu. V obrázku 4.5 je zobrazen efekt z této zajišťovací pozice.

**Obr. 4.5 Rozdělení pravděpodobnosti z týdenní nezajištěné pozice**



Zdroj: vlastní zpracování

Jestliže se společnost rozhodne nakoupit daný objem plynu na začátku každého měsíce, tedy v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 12$ ) dostane se do tzv. nekryté pozice. Vystavuje se potenciálním rizikům v podobě znehodnocení měny či růstu ceny komodity. Společnost musí disponovat s určitým množstvím peněz na nákup plynu.

Celkový efekt bude odpovídat výši nákladů, za které byl daný objem plynu nakoupen.

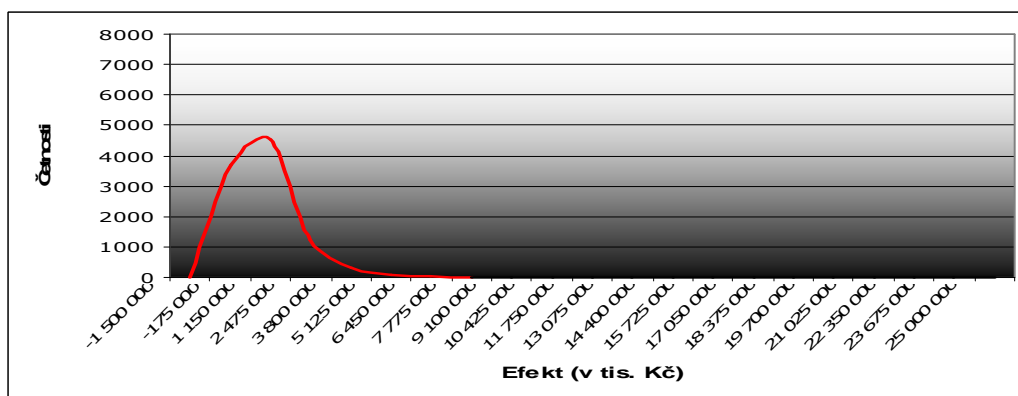
Celkový efekt za jednotlivé měsíce lze získat:

$$E = \sum_{t_i} \left( q^m \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f(t_i-t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f(t_i-t)} \right),$$

kde měsíční objem  $q^m$  je ve výši 480 000 MWh a měsíční skladovací náklady jsou variabilní podle počtu dní v měsíci a pohybují se v rozmezí [19,96;20,63] a jsou vypočteny dle vztahu (4.5). Cena za 1 MWh odpovídá ceně na začátku každého měsíce  $S_{t_i} = S_1, S_2, \dots, S_{12}$ .

V následujícím obrázku lze vidět výsledný efekt z této pozice.

**Obr. 4.6 Rozdělení pravděpodobnosti z měsíční nezajištěné pozice**



Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.5.2 Uzavření swapového kontraktu

Při uzavření swapového kontraktu se společnost zajišťuje proti růstu ceny plynu. V čase  $t_0$  si společnost sjednává kontrakt s protistranou na fixaci ceny plynu a jeho objemu, kdy k jeho vypořádání dojde na konci roku. U tohoto typu zajištění zvažuje dvě možnosti, a to na týden nebo měsíc dopředu nakoupit určitý objem plynu.

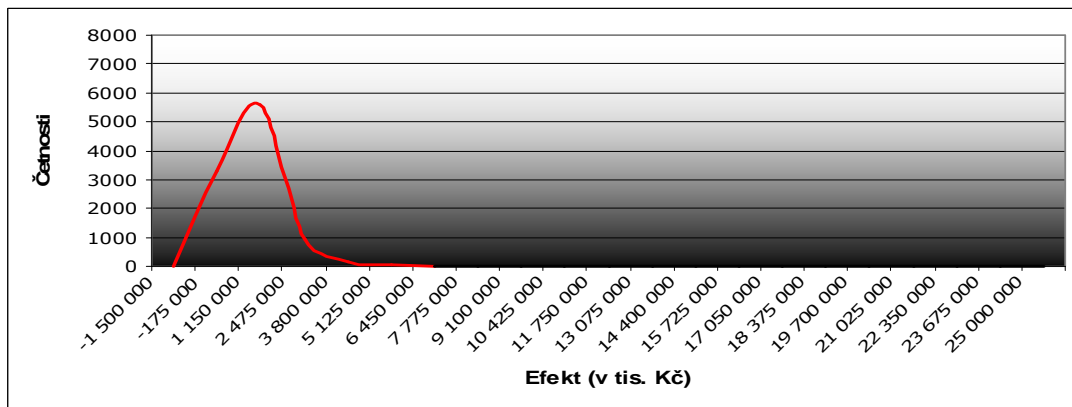
Celkový efekt je stanovený jako rozdíl mezi sumou, kterou by firma musela zaplatit za následující rok během každého týdne plus skladovací náklady na příslušný týden a sumou, jež ve skutečnosti zaplatí za každý týden.

Výsledný efekt se vypočte dle následujícího vztahu,

$$E = \sum_{t_i} \left( q^t \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f(t_i-t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f(t_i-t)} \right) - \sum_{t_i} q^t \cdot X \cdot e^{r_f(t_i-t)},$$

kde  $q^t$  je na úrovni 80 000 MWh,  $X$  je ve výši 346 Kč/MWh vynásobený faktorem času a tedy zohledňuje dodací cenu na konci roku,  $r_f$  podle týdenní sazby PRIBOR je ve výši 1,12 % a skladovací náklady představují sumu za každý týden uskladnění plynu, zjištěné dle vzorce (4.5). Cena plynu  $S_{t_i}$  je variabilní v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 52$ ). Rozdělení pravděpodobnosti z týdenního swapového kontraktu je zobrazen v obr. 4.7.

**Obr. 4.7 Rozdělení pravděpodobnosti z týdenního swapového kontraktu**



Zdroj: vlastní zpracování

Výsledný efekt se propočte jako rozdíl mezi úhrnem, který by firma musela vynaložit během celého roku na začátku každého měsíce a částkou, kterou ve skutečnosti zaplatí na začátku každého měsíce.

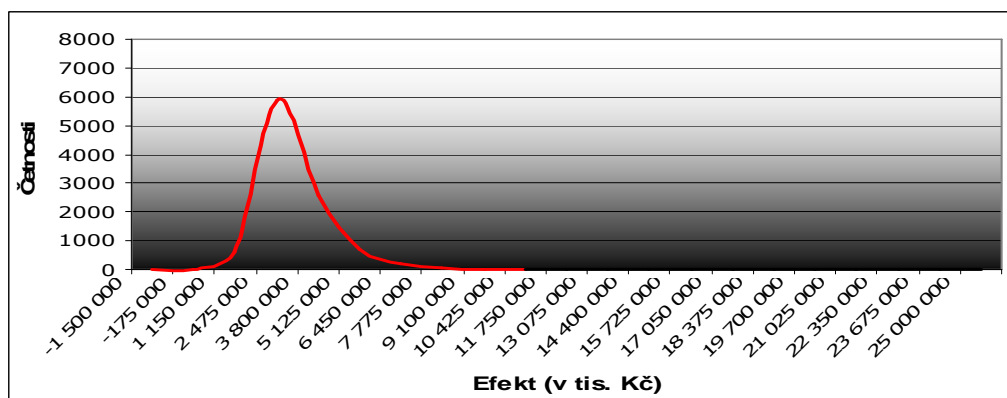
Celkový efekt z této transakce je následující,

$$E = \sum_{t_i} \left( q^m \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f(t_i-t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f(t_i-t)} \right) - \sum_{t_i} q^m \cdot X \cdot e^{r_f(t_i-t)},$$

kde  $q^m$  je na úrovni 480 000 MWh,  $X$  a  $r_f$  jsou ve stejné výši jako u předchozího efektu a skladovací náklady se liší podle počtu dní v měsíci, pohybují se v intervalu [19,96;20,63] a vypočtou se dle (4.5). Cena plynu  $S_{t_i}$  je variabilní v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 12$ ). V následujícím obrázku 4.8 je uvedeno rozdělení pravděpodobnosti z této pozice.



**Obr. 4.8 Rozdělení pravděpodobnosti z měsíčního swapového kontraktu**



Zdroj: vlastní zpracování

### 4.5.3 Uzavření forwardového kontraktu

Společnost má možnost využít forwardový kontrakt, u kterého bude docházet ke každodennímu vypořádání, tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 252$ ). Denní fixovaná částka je ve výši 346 Kč/MWh a sjednaný objem na každý den  $q^d$  po dobu jednoho roku je ve výši 16 000 MWh. Firma každý den nakoupí daný objem za dohodnutou realizační cenu.

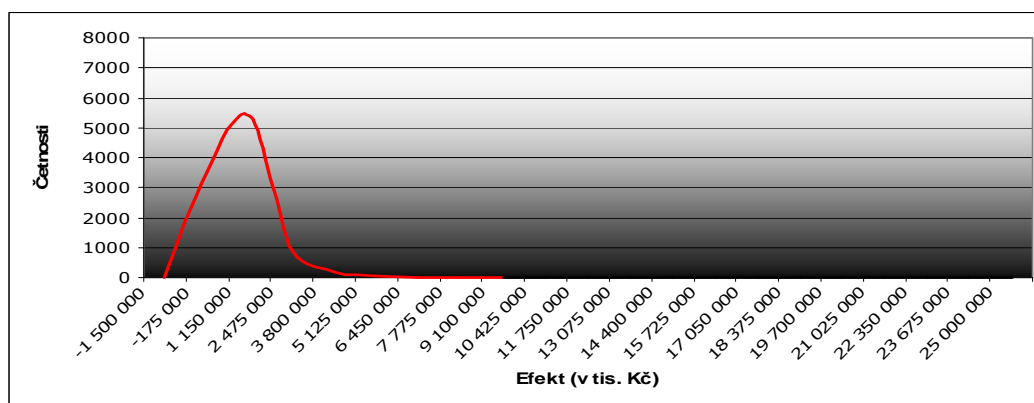
Celkový efekt se určí na základě rozdílu mezi náklady na pořízení daného objemu a částkou, kterou společnost denně uhradí za sjednaný objem vynásobený danou kapacitou.

Celkový efekt se vypočte dle následujícího vztahu,

$$E = \sum_{t_i} \left( q^d \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f \cdot (t_i - t)} \right) - \sum_{t_i} q^d \cdot X \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)},$$

kde  $S_{t_i}$  je aktuální cena plynu v čase  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 252$ ). skladovací náklady  $U$  na den činí 0,7 Kč/MWh a jsou zjištěny dle vztahu (4.5). V obr. 4.9 vidíme výsledky z tohoto zajištění.

**Obr. 4.9 Rozdělení pravděpodobnosti z forwardového kontraktu**



Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.5.4 Call opce

Společnost v čase  $t_0$  nakoupí opce na rok dopředu a k vypořádání bude docházet každý den tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 252$ ). Jak již bylo v úvodu zmíněno, jedna opce zní na 1 000 MWh.

Tento způsob zajištění zahrnuje v sobě výhodu v podobě možnosti odstoupení od smlouvy. Společnost stojí v dlouhé pozici, kdy má možnost volby, zda opci využije či nikoliv. Za právo volby vzniká firmě ztráta ve výši opční premie  $c$ , kterou musí zaplatit protistraně. Má možnost koupit komoditu za nižší cenu než je stanoveno ve smlouvě, v našem případě za cenu nižší než je realizační cena  $X = 346$  Kč/MWh.

Opce bude využita v případě, že cena komodity bude větší než realizační cena  $S_{t_i} > X$ , v opačném případě nedojde k uplatnění opce.

Výplatní funkce call opce se propočte dle vztahu (2.6),

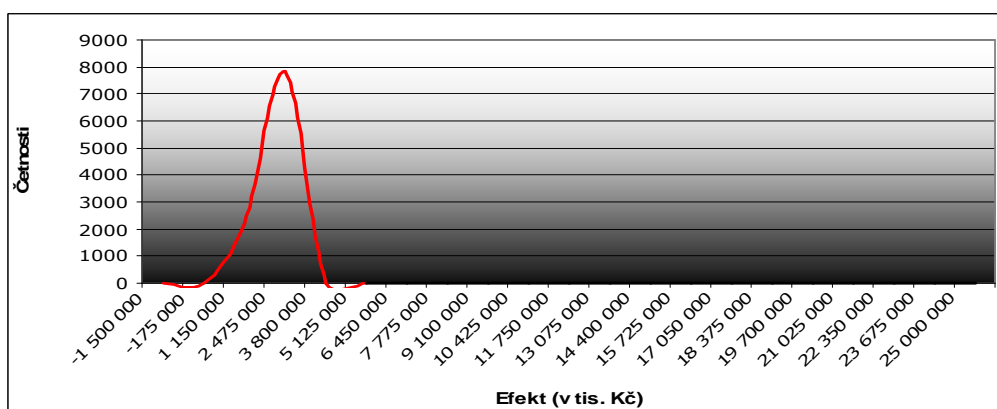
$$VH = \max(S_{t_i} - X, 0).$$

Výsledný efekt z této pozice je:

$$E = \sum_{t_i} [ (q \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f \cdot (t_i - t)}) - VH_{t_i}^c \cdot 1000 \cdot q + c \cdot q \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} ],$$

kde  $(q \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f \cdot (t_i - t)})$  představuje prostředky na nákup plynu včetně skladovacích nákladů,  $VH_{t_i}^c \cdot 1000 \cdot q$  je cash flow z call opce za jednotlivé dny a  $c \cdot q \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)}$  jsou náklady na nákup opcí. Výsledky z této pozice jsou uvedeny v obr. 4.10.

**Obr. 4.10 Rozdělení pravděpodobnosti – call opce**



Zdroj: vlastní zpracování

### 4.5.5 Asijské opce

Společnost v čase  $t_0$  nakoupí asijské opce v množství odpovídající objemu, který má v plánu prodat během následujícího roku. K vypořádání dojde vždy každý den tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 252$ ). Bereme v úvahu, že jedna opce zní na 1 000 MWh.

Asijské opce fungují na stejném principu jako call opce s tím rozdílem, že do výpočtů jsou zahrnuty průměrné ceny komodity. Průměrné ceny lze stanovit na základě aritmetického nebo geometrického průměru dle vztahu (2.15) a (2.17). Dále asijské opce lze rozlišit podle toho, zda průměr bude nahrazován za cenu podkladového aktiva nebo za realizační cenu.

V případě, že cena podkladového aktiva bude nahrazena aritmetickým průměrem lze hovořit o tzv. *aritmetické average price Asian*, kdy výplatní funkce je stanovena dle vzorce (2.14),

$$VH = \max(S_A^{art} - X, 0).$$

Pokud zaměníme fixní (realizační cenu) aritmetickým průměrem, jde o tzv. *aritmetický average strike Asian*, určený vztahem (2.18),

$$VH = \max(S_{t_i} - S_A^{art}, 0).$$

Obě tyto metody lze aplikovat i na geometrický průměr, a tedy *geometrický average price Asian* lze vyjádřit následovně,

$$VH = \max(S_A^{geo} - X, 0),$$

a pro *geometrický average strike Asian* je vztah,

$$VH = \max(S_{t_i} - S_A^{geo}, 0).$$

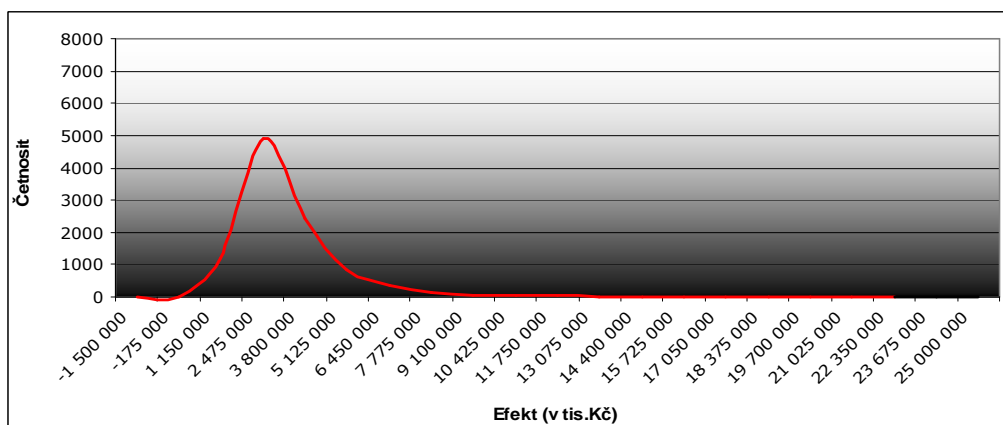
Celkový efekt ze zajištění je,

$$E = \sum_{t_i} \left[ \left( q \cdot S_{t_i}^{average} \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f \cdot (t_i - t)} \right) - VH_{t_i}^{call-asijská} \cdot 1000 \cdot q + c_{asijská}^{call} \cdot q \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} \right]$$

kde  $S_{t_i}^{average}$  představuje aritmetickou resp. geometrickou průměrnou cenu a náklady na nákup uvedených opcí jsou  $c^{art} = 32\,901$  Kč a  $c^{geo} = 20\,322$  Kč v čase  $T$ .

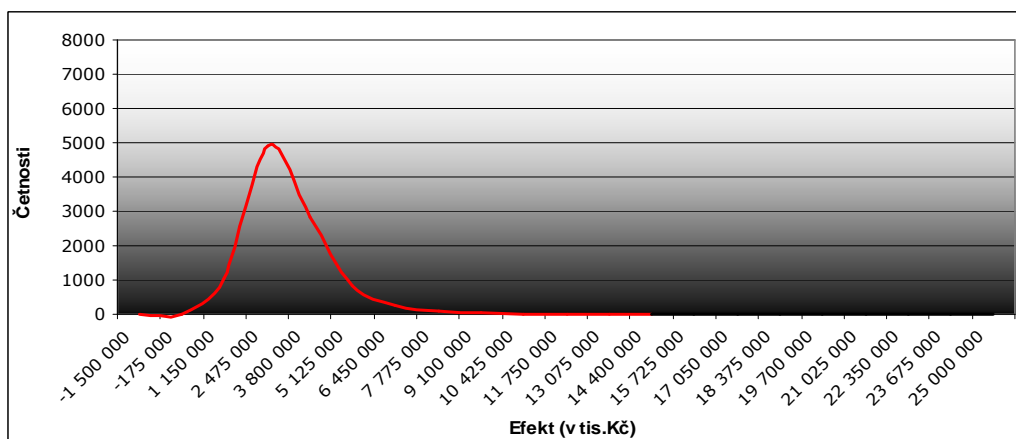
Výsledky jednotlivých typů asijských opcí jsou znázorněny v obr. 4.11, 4.12, 4.13 a 4.14.

**Obr. 4.11 Rozdělení pravděpodobnosti – aritmetická average price Asian**



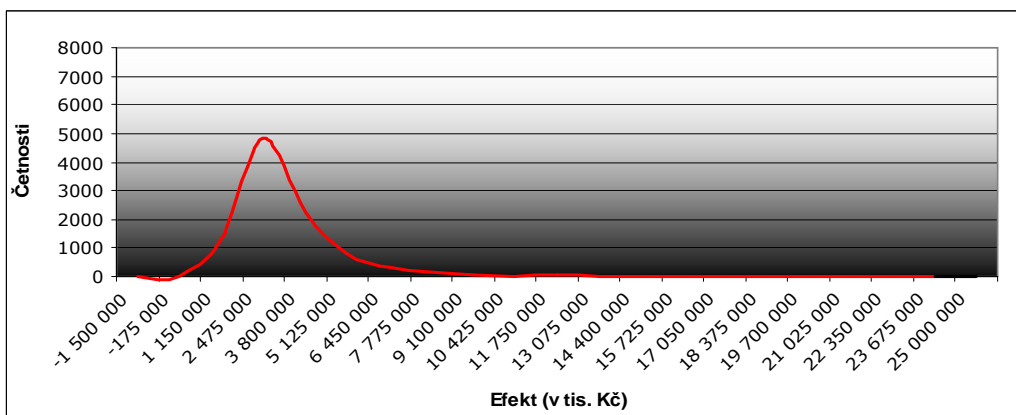
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.12 Rozdělení pravděpodobnosti – aritmetická average strike Asian**



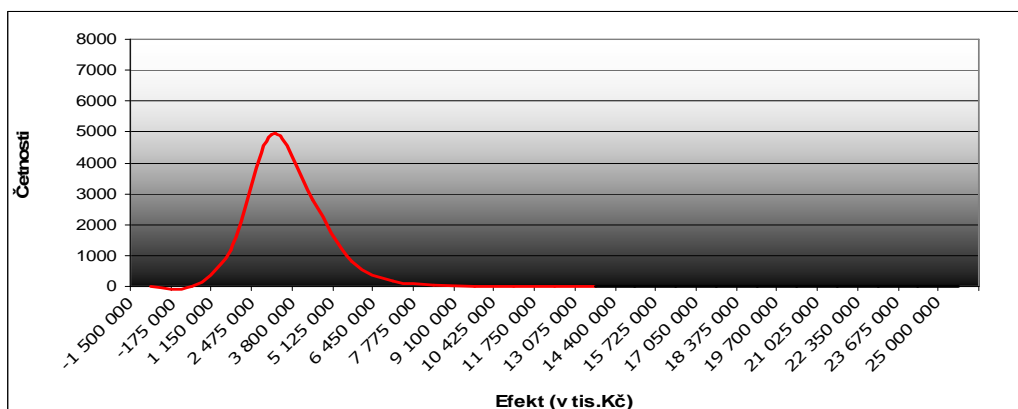
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.13 Rozdělení pravděpodobnosti – geometrická average price Asian**



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.14 Rozdělení pravděpodobnosti – geometrická average strike Asian**



Zdroj: vlastní zpracování

#### 4.5.6 Bariérové opce

Společnost má v čase  $t_0$  v úmyslu nakoupit bariérové opce na rok dopředu. K vypořádání bude docházet každý den tj.  $t_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 252$ ). Bereme v úvahu, že jedna opce zní na 1 000 MWh.

U bariérových opcí je postup obdobný jako u předešlých dvou opcí. Rozdíl spočívá v tom, že jejich vnitřní hodnota je závislá na tom, zda cena komodity dosáhne v průběhu životnosti opce stanovené hranice. V našem případě je horní bariéra  $H^u$  ve výši 350 Kč/MWh, která leží výše než realizační cena a dolní bariéra  $H^d$  je ve výši 340 Kč/MWh ležící na nižší úrovni než realizační cena. Pokud bude bariéra dosažena, dojde k aktivaci opce tzv. *knock-in*, v opačném případě dojde k jejímu zrušení tzv. *knock-out*.

Výplatní funkce  $VH$  bariérových opcí se propočte dle (2.19) a (2.20),

$$\begin{aligned} VH^{di} &= VH^{call} && \text{pokud } MIN < H^d && \text{jinak } VH^{di} = 0, \\ VH^{do} &= 0 && \text{pokud } MIN < H^d && \text{jinak } VH^{do} = VH^{call}, \\ VH^{ui} &= VH^{call} && \text{pokud } MAX > H^u && \text{jinak } VH^{ui} = 0, \\ VH^{uo} &= 0 && \text{pokud } MAX > H^u && \text{jinak } VH^{uo} = VH^{call}. \end{aligned}$$

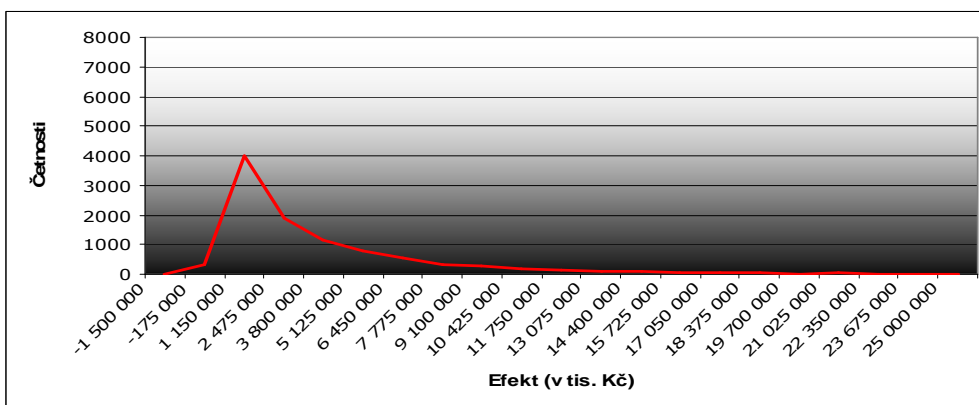
Efekt ze zajištění je,

$$E = \sum_{t_i} \left[ \left( q \cdot S_{t_i} \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} + U_{t_i} \cdot e^{-r_f \cdot (t_i - t)} \right) - VH_{t_i}^{call-bariérová} \cdot 1000 \cdot q + c_{bariérová}^{call} \cdot q \cdot e^{r_f \cdot (t_i - t)} \right],$$

kde  $S_{t_i}$  je aktuální cena komodity na každý den. V době zralosti jsou jednotlivé náklady na nákup opce na úrovni  $c_{di} = 80\,382$  Kč,  $c_{do} = 39\,978$  Kč,  $c_{ui} = 31\,252$  Kč,  $c_{uo} = 89\,101$  Kč.

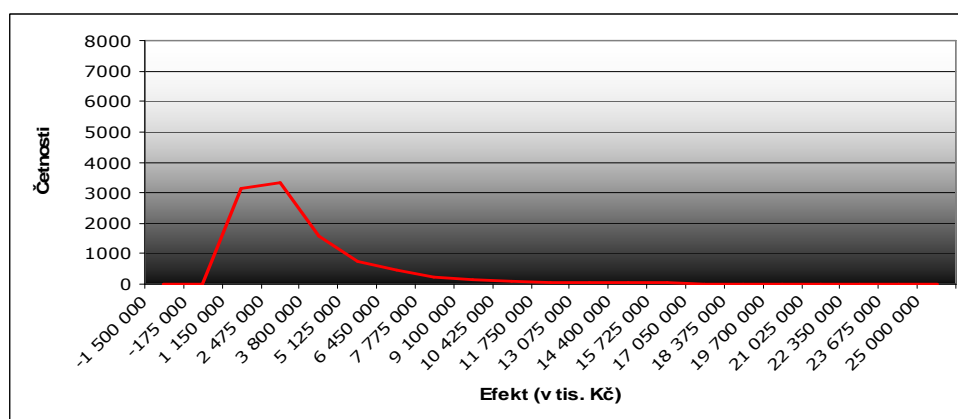
Výsledné efekty jednotlivých bariérových opcí jsou znázorněny graficky v obr. 4.15, 4.16, 4.17 a 4.18.

**Obr. 4.15 Rozdělení pravděpodobnosti – down-and-in call opce**



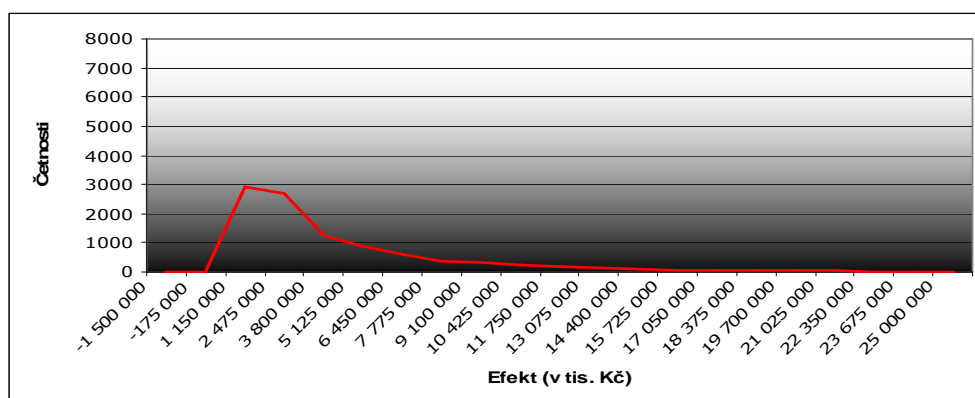
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.16 Rozdělení pravděpodobnosti – down-and-out call opce**



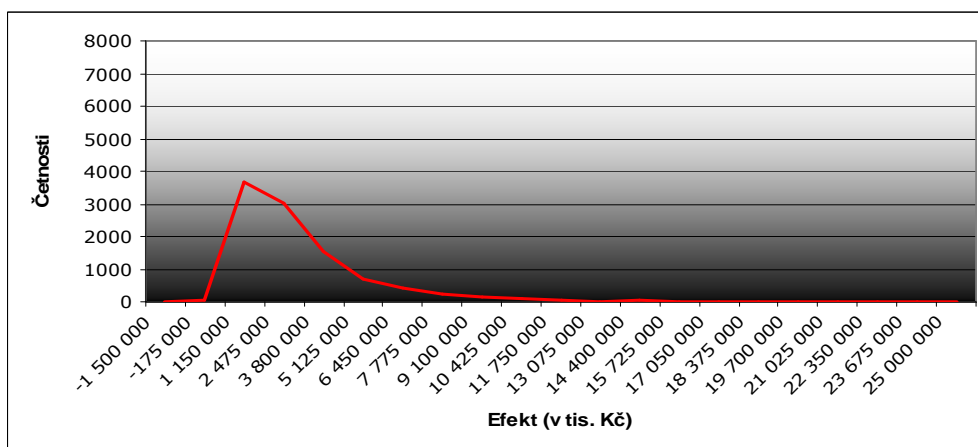
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.17 Rozdělení pravděpodobnosti – up-and-in call opce**



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.18 Rozdělení pravděpodobnosti – up-and-out call opce**



Zdroj: vlastní zpracování

## 4.6 Zhodnocení vybraných strategií

V této kapitole budou zhodnoceny výše uvedené strategie podle jednotlivých vymezených kritérií. Poté budou dané strategie porovnány z hlediska výnos – rizika a z hlediska jejich vhodnosti pro investory s různým vztahem k riziku.

### 4.6.1 Zhodnocení podle stanovených kritérií

Jednotlivé výsledky strategií budou zhodnoceny a následně porovnány na základě níže uvedených kritérií:

- střední hodnota,
- směrodatná odchylka,
- medián,
- šikmost,
- špičatost,
- VaR 1%,
- VaR 5%,
- VaR 10%,
- VaR 90%,
- VaR 99%.

Výsledné hodnoty stanovených kritérií pro vybrané strategie jsou zobrazeny v tabulce č. 4.2. Nejúspěšnější strategie v rámci každého kritéria je zvýrazněna tučně. V přílohách č. 4, č. 5, č. 6, č. 7 jsou porovnány jednotlivé efekty z hedgingových strategií.

**Tab. 4.2 Porovnání jednotlivých kritérií**

Kritérium		Střední hodnota	Směrodat. odchylka	Medián	Šikmost	Špičatost
Strategie						
Krytá pozice		3 654 891	0	3 654 891	0	0
Pasivní	Týdenní	2 281 679	779 554	2 847 477	1,83	6,49
	Měsíční	2 057 693	1 121 534	2 479 424	2,00	7,46
Swap	Týdenní	1 328 210	784 164	1 250 785	1,83	6,49
	Měsíční	3 141 214	1 231 836	3 358 474	2,00	7,46
Forwardový kontrakt		1 098 543	947 414	1 547 877	1,97	7,34
Plain vanilla call opce		2 219 247	501 566	2 692 960	- 1,04	- 0,28
Asijské  opce	averagePA <sup>art</sup>	2 380 880	1 249 405	2 124 866	2,81	14,35
	averageSA <sup>art</sup>	2 314 429	1 175 785	2 222 499	1,73	5,75
	averagePA <sup>geo</sup>	2 530 006	1 371 076	2 278 593	3,07	16,62
	averageSA <sup>geo</sup>	2 206 825	1 162 070	2 163 740	1,32	3,19
Bariérové  opce	down-and-in	3 278 017	4 015 657	2 782 617	3,00	13,95
	down-and-out	2 724 433	3 136 642	2 803 963	4,92	42,41
	up-and-in	3 712 593	4 244 204	2 980 352	3,28	17,05
	up-and-out	2 289 663	2 415 283	2 610 434	2,88	14,01

Zdroj: vlastní zpracování



**Tab. 4.2 Porovnání jednotlivých kritérií – pokračování**

Kritérium		VaR 1%	VaR 5%	VaR 10%	VaR 90%	VaR 99%
Strategie						
Krytá pozice		0	0	0	0	0
Pasivní	Týdenní	388 553	406 217	471 955	602 306	606 941
	Měsíční	530 654	620 518	683 018	864 960	871 082
Swap	Týdenní	- 1 115 205	- 1 047 541	- 981 763	- 850 391	- 845 164
	Měsíční	- 1 475 641	- 1 385 777	-1 323 277	- 1 141 335	- 1 135 328
Forwardový kontrakt		-1 098 297	- 1 026 011	- 977 427	- 819 980	- 804 791
Plain vanilla call opce		125 324	163 950	193 010	340 811	354 481
Asijské opce	averagePA <sup>art</sup>	- 1 187 548	- 209 019	- 42 068	464 867	478 297
	averageSA <sup>art</sup>	301 560	340 585	369 946	518 905	533 089
	averagePA <sup>geo</sup>	- 654 214	- 93 489	89 549	434 207	446 122
	averageSA <sup>geo</sup>	244 876	283 902	313 263	462 221	476 406
Bariérové opce	down-and-in	- 288 441	- 249 815	- 219 400	- 73 323	- 59 284
	down-and-out	- 167 584	- 128 958	-98 543	47 534	61 573
	up-and-in	- 95 106	- 56 480	- 26 065	120 012	134 051
	up-and-out	- 361 113	- 322 487	- 292 072	- 145 995	- 131 956

Zdroj: vlastní zpracování

K nejméně rizikovým strategiím patří krytá pozice se zajištěním na rok. Medián představuje prostřední hodnotu ze všech získaných efektů. Nevýhodou tohoto zajišťovacího instrumentu je nemožnost dosahování zisku.

Pasivní strategie s týdenním zajištěním patří k méně rizikovým strategiím. Při porovnání střední hodnoty, reprezentující výnos, s ostatními zajišťovacími nástroji, je patrné, že tato strategie nepatří k těm nejvýnosnějším. Mediánem rozumíme, že s 50% pravděpodobností bude efekt vyšší resp. nižší než jeho naměřená hodnota. Šikmost dosahuje kladné hodnoty, a tudíž veličiny zobrazené v grafu hustoty rozdělení pravděpodobnosti jsou nachýlené doprava. To vypovídá o tom, že většina hodnot leží nad průměrem. U špičatosti má

kladnou hodnotu, a tedy dochází k špičatějšímu rozdělení pravděpodobnosti, což lze vidět v příloze č. 4.

Pasivní strategie s měsíčním zajištěním patří k méně výnosnějším strategiím. Šikmost i špičatost nabývá pozitivních výsledků, což je příznivé pro finanční veličiny. Při hodnocení rizika ztráty na hladině pravděpodobnosti (1%, 5%, 10%, 90%, 99%) nabývá měsíční pasivní strategie nejhorších hodnot oproti ostatním.

Srovnáme-li týdenní swapový kontrakt s pasivní strategií se zajištěním na týden, zjistíme, že úroveň rizika je téměř shodná. Stejně hodnoty jsou u parametrů tvaru. Výše střední hodnoty a mediánu je téměř o polovinu menší než u pasivní strategie s týdenním zajištěním. Na rozdíl od pasivní strategie je dosaženo lepších hodnot při hodnocení rizika ztráty na hladině pravděpodobnosti (1%, 5%, 10%, 90%, 99%).

Měsíční swapový kontrakt dosahuje vysoké hodnoty u výnosu, a tím se řadí mezi nejvýnosnější strategie. Tento typ zajištění je více rizikovější, než pasivní strategie s měsíčním zajištěním. U mediánu jsme získali druhou největší hodnotu oproti ostatním derivátům. Šikmost a špičatost se pohybuje v kladných hodnotách. Při hodnocení rizika ztráty na hladině pravděpodobnosti (1%, 5%, 10%, 90%, 99%) dosahuje toto zajištění nejlepších výsledků.

Forwardový kontrakt patří ke strategiím s nižším rizikem. Z hlediska výnosu se řadí k méně výnosnějším zajišťovacím nástrojům. Medián představuje prostřední hodnotu ze všech získaných efektů, v našem případě má druhou nejmenší hodnotu ze všech. Z pohledu šikmosti jsou veličiny asymetricky rozloženy kolem středu naměřených hodnot s vychýlením na pravou stranu. Špičatost má kladnou hodnotu a rozdělení je tedy špičatější. Podle kritéria VaR s (1%, 5%, 10%, 90%, 99%) pravděpodobnosti patří forward mezi strategie s lepší hodnotou.

Druhou nejméně rizikovou strategií je plain vanilla call opce. Je jedinou ze strategií, která má záporné hodnoty u šikmosti a špičatosti. Z pohledu šikmosti lze říci, že jde o asymetrické rozložení veličin nakloněné na levou stranu. U špičatosti je rozdělení pravděpodobnosti mírně plošší než u ostatních strategií.

V případě asijských opcí lze říci, že všechny čtyři typy opcí se pohybují na přibližně stejné úrovni rizika. Nejvyššího rizika dosahuje asijská opce typu geometrická average Price Asian. Když se podíváme na střední hodnoty těchto opcí lze upozorovat, že i v tomto případě nejsou extrémní rozdíly. U geometrické average Price Asian byla zaznamenána největší střední hodnota. Při pohledu na parametry tvaru šikmosti a špičatosti lze vypořádat kladné veličiny u všech typů, avšak tyto hodnoty se značně liší. V případě šikmosti až takové rozdíly nejsou. Tyto čtyři typy opcí jsou v grafickém zobrazení nakloněné doprava. Z pohledu

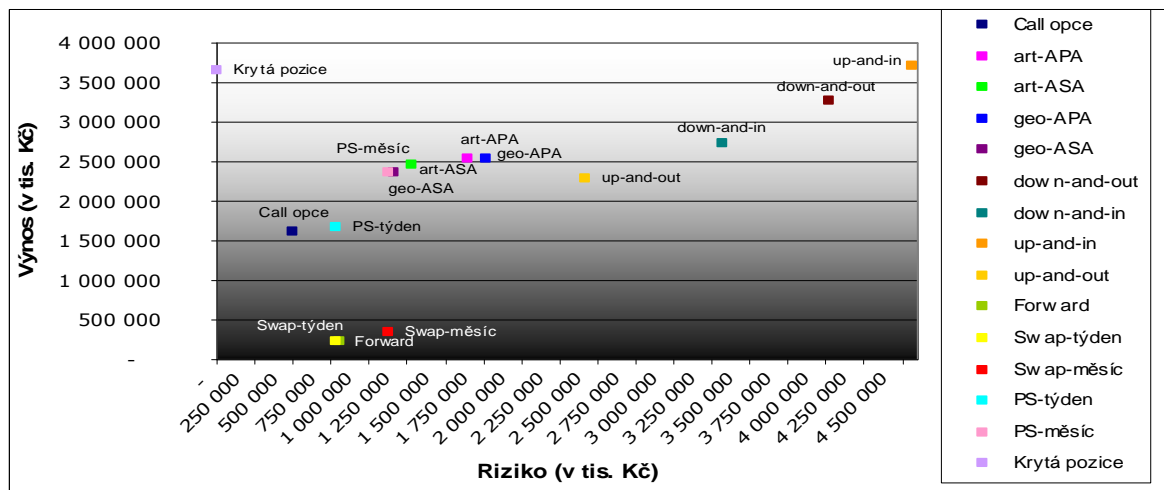
špičatosti dochází k vysokým rozdílům, což bude patrné v rozdělení pravděpodobnosti, viz Příloha č. 5.

U bariérových opcí ze zjištěných hodnot je zřejmé, že patří k nejvíce rizikovým strategiím. Z hlediska střední hodnoty se řadí k těm nejvýnosnějším. Nejvyšší střední hodnoty dosahuje up-and-in call opce. Naopak nejnižší střední hodnotu spolu s mediánem má opce up-and-out. Opce down-and-out má vysoké hodnoty u šikmosti a špičatosti oproti ostatním hedgingovým instrumentům. Z hlediska VaR pro 1%, 5% a 10% dosahují opce down-and-up a up-and-out lepších hodnot než down-and-out a up-and-in.

#### 4.6.2 Zhodnocení na základě vztahu výnos a riziko

Při rozhodování je pro investory stěžejní zhodnocení výnosu a rizika. Investoři požadují co největší výnos a co nejmenší riziko. Snahou je najít takový poměr mezi výnosem a rizikem, který neumožní zvýšit jeden parametr na úkor druhého. To znamená, že investor při vyšším výnosu musí podstoupit větší riziko a naopak.

Obr. 4.19 Vztah výnos – riziko



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.19 lze vidět vztah mezi výnosem a rizikem. Výnos představuje střední hodnota a riziko směrodatná odchylka.

Nejméně rizikovou strategií je krytá pozice. K nejméně rizikovým strategiím patří call opce, týdenní pasivní zajištění, týdenní swapový kontrakt a forward. Když porovnáme tyto

strategie mezi sebou, můžeme říci, že je vhodnější z hlediska výnosu zvolit zajištění pomocí call opce nebo týdenní pasivní zajištění.

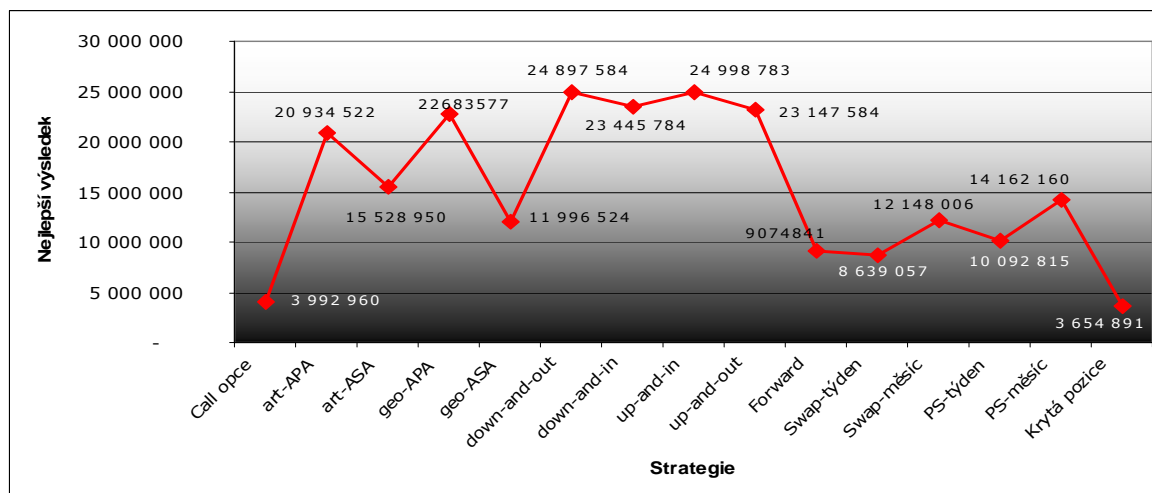
Více rizikovější strategie jsou asijské opce, měsíční swapový kontrakt a měsíční pasivní zajištění. U geometrické average Price Asian opci lze dosáhnout vyššího výnosu než u aritmetické average Price Asian opci. Měsíční swapový kontrakt spolu s geometrickou average Strike Asian opci mají nejvyšší výnos oproti ostatním uvedeným strategiím, a tudíž jsou nejméně vhodné.

K nejrizikovějším zajišťovacím instrumentům patří bariérové opce, především up-and-in, která dosahuje nevyššího rizika a zároveň i výnosu.

#### 4.6.3 Zhodnocení podle vztahu investora k riziku

Není snadné určit, která strategie je nejvýhodnější pro investora, jelikož s vyšším výnosem je spojeno vyšší riziko. Každý investor je ochoten postoupit různou úroveň rizika. Podle vztahu k riziku lze rozdělit investory do tří skupin, a to investoři s averzí k riziku, s neutrálním postojem k riziku a se sklonem k riziku. Na základě nejlepšího možného výsledku budou posouzeny jednotlivé postoje k riziku, jež jsou zobrazeny v obrázku 4.20.

**Obr. 4.20 Nejlepší výsledek jednotlivých strategií (v tis. Kč)**



Zdroj: vlastní zpracování

Investor s averzí k riziku upřednostňuje nulové riziko, a proto využije krytou pozici. Za méně rizikové strategie můžeme považovat call opci a týdenní swapový kontrakt. V případě investora se sklonem k riziku je vhodné zvolit jednu z variant bariérových opcí

(down-and-in, down-and-out, up-and-in, up-and-out) nebo geometrickou average Price Asian opci. Investor preferuje co nejvyšší riziko. Investor s neutrálním postojem k riziku nebere ohled na daný vztah.

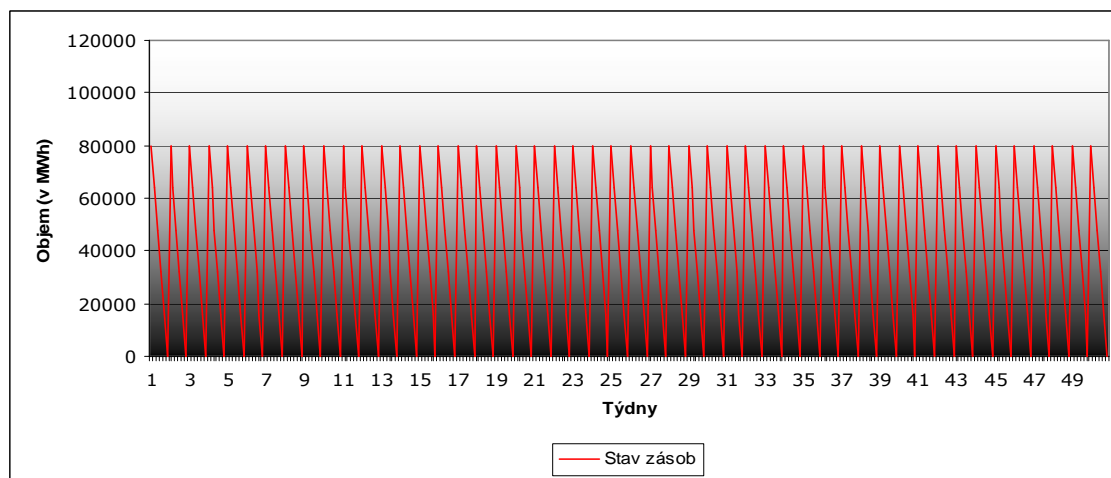
#### 4.7 Shrnutí

V praktické části byl proveden odhad parametrů vývoje ceny plynu pomocí čtyř procesů Ornstein-Uhlenbeckův model aritmetickými cenami a s logaritmickými cenami, Schwartzův model a geometrický Brownův model s logaritmickými cenami. Na základě nejnižší směrodatné odchylky byl vybrán geometrický Brownův model s logaritmickými cenami. Poté následovala simulace Monte Carlo, kde bylo nasimulováno 10 000 scénářů pro vývoj ceny plynu na následující rok.

V další části došlo k ocenění finančních nástrojů, které byly využity při aplikaci hedgingových strategií. Jednotlivé zajišťovací nástroje byly zhodnoceny podle zvolených kritérií (střední hodnota, směrodatná odchylka, medián, šikmost, špičatost a VaR – 1%, 5%, 10%, 90%, 99%), dále pak dle vztahu výnos – riziko a podle jejich vhodnosti pro investory s různým vztahem k riziku.

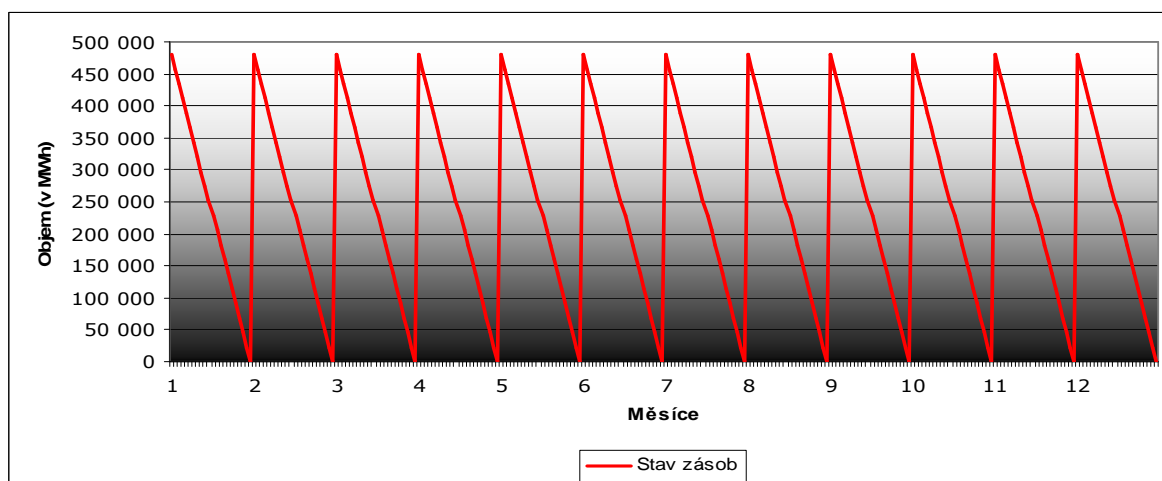
V rámci jednotlivých zajišťovacích strategií byly aplikovány různé typy zajištění, které se vázaly na odlišnou délku zásobování. V následujících grafem jsou stavy zásob na dané období.

**Obr. 4.21 Týdenní zásobování**



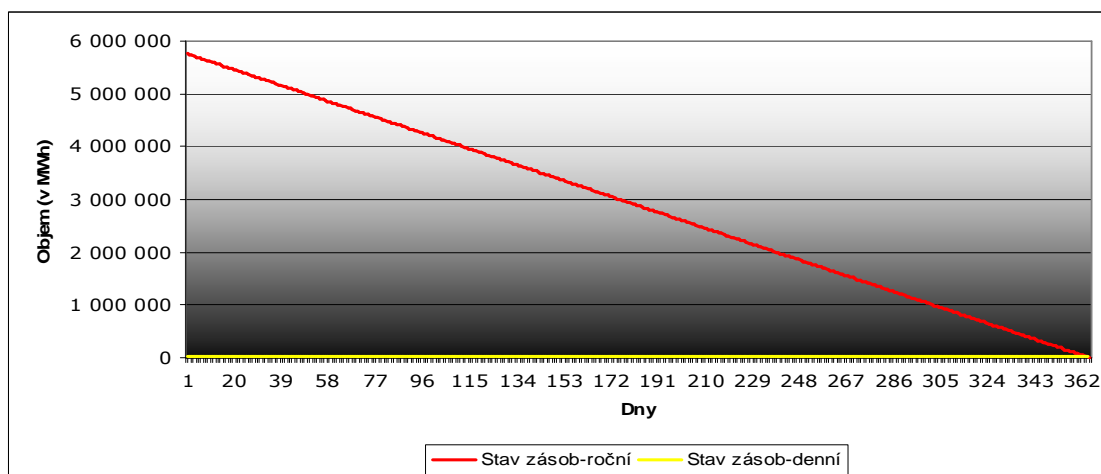
Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.22 Měsíční zásobování**



Zdroj: vlastní zpracování

**Obr. 4.23 Roční a denní zásobování**



Zdroj: vlastní zpracování

Z prvních dvou grafů je patrné, jak se jednotlivé zásoby během daného týdne resp. měsíce snižují. U poslední grafu je zřejmé, že roční zásobování má lineární průběh, čím kratší doba do splatnosti, tím menší stav zásob. Denní zásobování je na úrovni 16 000 MWh a během dne se vyčerpá.

## 5 Závěr

Komoditní riziko vyplývá z pohybu ceny komodity. Pro zajištění komoditního rizika se využívají finanční deriváty. Mezi základní typy patří forward, futures, swapy a opce. Jedná se o nejmladší finanční nástroje. V dnešní době patří mezi nejoblíbenější finanční instrumenty na finančním trhu.

Cílem diplomové práce bylo aplikovat a porovnat vybrané hedgingové strategie na základě stanovených kritérií se snahou snížit komoditní riziko.

Na zajištění se pohlíželo z pohledu plynárenské společnosti ASD Ostrava zabývající se distribucí plynu, která nakupuje plyn na burze. Jedná se o velmi flexibilní trh s plynem a společnost se obává vysokého nárůstu ceny plynu během následujícího roku. Díky této skutečnosti společnost zvažuje určité možnosti zajištění.

V teoretické části byly popsány základní typy finančních derivátů – forward, futures, swap, opce. Pozornost byla věnována i opcím, jejichž výplata je určitým způsobem závislá na ceně podkladového aktiva za určité období a jedná se o opce asijské a bariérové. Dále bylo provedeno odvození stochastických procesů, vycházejí z Wienerova procesu. Základní metody oceňování opcí byly stručně objasněny s největší soustředěností na Black-Scholes-Merton model. Tento typ modelu byl modifikovaný na asijské a bariérové opce.

V druhé části byla uvedena charakteristika finančních rizik. Na finanční rizika bylo pohlíženo z několika úhlů. V prvním z nich bylo základní členění rizik na tržní, úvěrové, operační, likvidní a obchodní. Další pohled byl na celkové riziko zahrnující systematické a jedinečné riziko. Poslední členění bylo z hlediska výskytu rizik na komoditním spotovém trhu a jde o cenové riziko, riziko transportu, riziko z dodání a kreditní riziko. Poté byly vymezeny zajišťovací strategie. Pomocí nich lze eliminovat komoditní rizika, kterým je společnost vystavena.

Poslední kapitola byla věnována aplikaci hedgingových strategií. Na základě osmileté historické časové řady, tj. leden 2002 až prosinec 2009, byl proveden odhad parametrů vývoje ceny plynu. Pro odhad bylo důležité určit nejvhodnější proces, podle kterého se vyvíjela cena plynu. Byly zkoumány tyto procesy, Ornstein-Uhlenbeckův model s aritmetickými cenami, Ornstein-Uhlenbeckův model s logaritmickými cenami, Schwartzův model a geometrický Brownův model s logaritmickými cenami. Ceny podkladového aktiva se nejlépe vyvíjely podle geometrického Brownova modelu s logaritmickými cenami. Z historické řady spojitých výnosů byla určena směrodatná odchylka a střední hodnota. Prostřednictvím simulační

metody Monte Carlo na bázi geometrického Brownova procesu bylo nasimulováno 10 000 scénářů ceny plynu na každý den. Ocenění finančních instrumentů bylo využito v následující podkapitole při aplikaci vybraných typů hedgingových strategií. Jednotlivé zajišťovací pozice byly zhodnoceny na základě stanovených kritérií – střední hodnota, směrodatná odchylka, medián, šikmost, špičatost a VaR (1%, 5%, 10%, 90% a 99%). Následně jsem provedla porovnání vybraných strategií z hlediska vztahu výnos a rizik a podle postoje investora k riziku. Na závěr bylo provedeno celkové shrnutí aplikační kapitoly a byl zobrazený vývoj zásob za jednotlivá období – den, týden, měsíc a rok.

Podle zhodnocení výnosu a rizika je snahou dosáhnout co největšího výnosu, který je ve většině případů doprovázen vyšším rizikem. Proto bylo provedeno zhodnocení z hlediska postojů investora k riziku.

Investor s averzí k riziku se snaží eliminovat veškerá rizika, z toho důvodu je pro něho nejvhodnější krytá pozice. V případě investora se sklonem k riziku je vhodné využít jednu z variant bariérových opcí – down-and-in, down-and-out, up-and-in, up-and-out nebo geometrickou average Price Asian. Nejrizikovější, a tedy i nejvýnosnější strategií je strategie bariérová typu up-and-in s nízkou opční prémie.

V případě, že by společnost neuvažovala o žádné hedgingové strategii a rozhodovala by se pouze na základě velikosti dodávky plynu, tedy v jakém objemu má plyn pořizovat, uvažovala by o kryté pozici nebo o jedné z typu pasivních strategií, se kterými nejsou spojeny počáteční náklady ve formě opční prémie.

V současné době existuje celá řada alternativ, jak se proti komoditnímu riziku zajistit. Vedle hedgingových strategií využitých v diplomové práci mohou být aplikovány různé druhy exotických opcí – digitální opce typu cash-or-nothing či asset-or-nothing, zero-cost package, path dependent opce – lookback opce a mnoho další. Může být využita i opční strategie collar. Rozhodujícím aspektem je preference subjektu, který usiluje o zajištění proti riziku.



## Seznam použité literatury

### Knihy a publikace

- [1] GEMAN, H. *Commodities and Commodity Derivatives: Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals and Energy*. WILEY FINACE. January 2005. 416 p. ISBN 978-0-470-01218-5.
- [2] HAUG, E. G. *Derivatives Models on Models*. WILEY FINANCE. May 2007a. 384 p. ISBN 978-0-470-01322-9.
- [3] HAUG, E. G. *The complete guide to Option Pricing Formulas*. 2nd Revised Edition. McGraw-Hill, 2007b. 536 p. ISBN 0-07-138997-0.
- [4] HULL, J. C. *Option, Futures and other Derivatives*. 6th edition. Upper Saddle River, NS: Prentice Hall, 2006. 189 p. ISBN 0-13-149908-4.
- [5] JÍLEK, J. *Finanční a komoditní deriváty v praxi*. 1. vyd. Praha: GRADA Publishing, spol. s r.o., 2005. 632 s. ISBN 80-247-1099-4.
- [6] JÍLEK, J. *Finanční rizika*. 1. vyd. Praha: GRADA Publishing, spol. s r.o., 2000. 640 s. ISBN 80-7169-579-3.
- [7] OVERDAHL, J., KOLB R. W. *Futures, Options, and Swaps*. 5th Revised Edition. Blackwell Publishing Ltd (United Kongdom), 2007. 840 p. ISBN 9781405150491.
- [8] SCHOFIELD, C. N. *Commodity Derivatives: Markets and Applications*. WILEY FINANCE. November 2007. 336 p. ISBN 978-0-470-01910-8.
- [9] SCHAEFFER, P. V. *Commodity Modeling and Pricing: Methods for Analyzing Resource Market Behavior*. WILEY FINANCE. 2008. 298 p. ISBN 978-0-470-31723-5.
- [10] TICHÝ, T. *Finanční deriváty, Typologie finančních derivátů, Podkladové procesy, Oceňovací modely*. VŠB – TU Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1180-4.
- [11] ZMEŠKAL, Z. a kol. *Finanční modely*. 2. vyd. Praha: Ekopress, 2004. ISBN 80-86119-87-4.
- [12] ZMEŠKAL, Z., ČULÍK, M., TICHÝ, T. *Finanční rozhodování za rizika: sbírka řešených příkladů*. 2. vyd. VŠB – TU Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0840-4.

### Články

- [13] BLANCO, C., SORONOW, D. *Mean Reverting Processes - Energy Price Processes Used For Derivatives Pricing and Risk Management*. Financial Engineering Associates. June 2001.

[14] QUAN, G. *Stochastic Models for Natural Gas and Electricity Prices*. Thesis, Department of Mathematics and Statistics, University of Calgary, December 2006.

[15] ZMEŠKAL, Z. *Přístupy k eliminaci finančních rizik na bázi finančních hedgingových strategií*. Finance a úvěr - Czech Journal of Economics and Finance, 54, 2004, č. 1–2

### **Internetové zdroje**

[16] Česká národní banka [on-line]. c2003-2010, [cit. 02-03-2010]. Dostupný z WWW: <[http://www.cnb.cz/cs/financni\\_trhy/penezni\\_trh/pribor/denni.jsp](http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/penezni_trh/pribor/denni.jsp)>.

[17] Patria [on-line]. c1997-2009, [cit. 20-02-2010]. Dostupný z WWW: <[http://www.patria.cz/Databank/komodity+v+2006\\_cz.pdf?guid=e48172af-7026-4851-9ac8-cefedad163f6](http://www.patria.cz/Databank/komodity+v+2006_cz.pdf?guid=e48172af-7026-4851-9ac8-cefedad163f6)>.

[18] *Underground Natural Gas Storage* [on-line]. 2000, [cit. 03-03-2010]. Dostupný z WWW: <<http://www.simmonsco-intl.com/files/63.pdf>>.

[19] *X-Trade Broker-online trading* [on-line]. [cit. 22-02-2010]. Dostupný z WWW: <[http://www.xtb.cz/forex\\_cfd/otevrete\\_si\\_demo\\_ucet/](http://www.xtb.cz/forex_cfd/otevrete_si_demo_ucet/)>.

## Seznam zkratek a symbolů

ATM	At-the-money (na penězích)
$\text{averagePA}^{\text{art}}$	Aritmetický průměr Price Asian
$\text{averagePA}^{\text{geo}}$	Geometrický průměr Price Asian
$\text{averageSA}^{\text{art}}$	Aritmetický průměr Strike Asian
$\text{averageSA}^{\text{geo}}$	Geometrický průměr Strike Asian
$H^{\text{d}}$	Dolní bariéra
$H^{\text{u}}$	Horní bariéra
ITM	In-the-money (v penězích)
OTC	Over the counter
OTM	Out-of-the-money (mimo peníze)
$S_A$	Průměrná cena podkladového aktiva
$S_T$	Cena podkladového aktiva v době zralosti
VaR	Value-at-risk
VH	Vnitřní hodnota (výplatní funkce)
X	Realizační cena

## Seznam obrázků

Obr. 2.1 Rozdělení komodit .....	4
Obr. 2.2 Výplatní funkce forwardu .....	6
Obr. 2.3 Opce typu average price Asian .....	11
Obr. 2.4 Opce typu average strike Asian .....	12
Obr. 2.5 Vývoj podkladového aktiva vzhledem k horní a dolní bariéře .....	13
Obr. 2.6 Výplatní a zisková funkce pro call opci .....	14
Obr. 2.7 Výplatní a zisková funkce pro put opci .....	15
Obr. 2.8 Výplatní funkce average price Asian call opcí .....	16
Obr. 2.9 Výplatní funkce average strike Asian call opcí .....	17
Obr. 2.10 Výplatní funkce bariérových call opcí .....	18
Obr. 3.1 Jedinečné, systematické a celkové riziko portfolia .....	28
Obr. 3.2 Portfolia .....	35
Obr. 4.1 Historický vývoj ceny plynu .....	41
Obr. 4.2 Spojité výnosy .....	41
Obr. 4.3 Simulace Monte Carlo .....	43
Obr. 4.4 Vývoj cen opcí .....	49
Obr. 4.5 Rozdělení pravděpodobnosti z týdenní nezajištěné pozice .....	51
Obr. 4.6 Rozdělení pravděpodobnosti z měsíční nezajištěné pozice .....	52
Obr. 4.7 Rozdělení pravděpodobnosti z týdenního swapového kontraktu .....	53
Obr. 4.8 Rozdělení pravděpodobnosti z měsíčního swapového kontraktu .....	54
Obr. 4.9 Rozdělení pravděpodobnosti z forwardového kontraktu .....	54
Obr. 4.10 Rozdělení pravděpodobnosti – call opce .....	55
Obr. 4.11 Rozdělení pravděpodobnosti – aritmetická average price Asian .....	57
Obr. 4.12 Rozdělení pravděpodobnosti – aritmetická average strike Asian .....	57
Obr. 4.13 Rozdělení pravděpodobnosti – geometrická average price Asian .....	57
Obr. 4.14 Rozdělení pravděpodobnosti – geometrická average strike Asian .....	58
Obr. 4.15 Rozdělení pravděpodobnosti – down-and-in call opce .....	59
Obr. 4.16 Rozdělení pravděpodobnosti – down-and-out call opce .....	59
Obr. 4.17 Rozdělení pravděpodobnosti – up-and-in call opce .....	59
Obr. 4.18 Rozdělení pravděpodobnosti – up-and-out call opce .....	60
Obr. 4.19 Vztah výnos – riziko .....	64
Obr. 4.20 Nejlepší výsledek jednotlivých strategií (v tis. Kč) .....	65
Obr. 4.21 Týdenní zásobování a ceny jednotlivých strategií .....	66
Obr. 4.22 Měsíční zásobování a ceny jednotlivých strategií .....	67
Obr. 4.23 Roční a denní zásobování a ceny jednotlivých strategií .....	67

## Seznam tabulek

Tab. 2.1 Ocenění forwardu na komoditu.....	7
Tab. 2.2 Srovnání asijských a bariérových opcí.....	13
Tab. 3.1 Výplata forwardu na komoditu a bezrizikové portfolio .....	31
Tab. 3.2 Vztah vnitřní hodnoty pro vanilla call a put opce .....	32
Tab. 3.3 Výplata call opce a portfolio .....	32
Tab. 3.4 Výplata average price Asian call opce a portfolio .....	33
Tab. 3.5 Výplata average strike Asian call a portfolio .....	33
Tab. 3.6 Výplata knock-in call opce a portfolio.....	34
Tab. 3.7 Výplata knock-out call opce a portfolio.....	34
Tab. 4.1 Směrodatné odchylky jednotlivých procesů .....	40
Tab. 4.2 Porovnání jednotlivých kritérií .....	61
Tab. 4.2 Porovnání jednotlivých kritérií – pokračování.....	62

## Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne .....

.....  
jméno a příjmení studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

.....

## Seznam příloh

- Příloha č. 1 Vývoj ceny plynu za období 2.1. 2002 – 31.12.2009
- Příloha č. 2 Výplatní funkce bariérových opcí a portfolií
- Příloha č. 3 Vývoj cen opcí k poslednímu dni v měsíci
- Příloha č. 4 Srovnání pasivní strategie, swapového kontraktu oba typy zajištění  
a forwardového kontraktu
- Příloha č. 5 Srovnání asijských opcí
- Příloha č. 6 Srovnání bariérových opcí
- Příloha č. 7 Srovnání call opce, forwardového kontraktu, týdenního swapového kontraktu  
a týdenní pasivní strategie

**Příloha č. 1 Vývoj ceny plynu za období 2.1. 2002 – 31.12.2009**

<b>Datum</b>	<b>CZK/ MWh</b>								
		7.3.2002	487,89	21.5.2002	379,24	26.7.2002	252,19	2.10.2002	462,36
		8.3.2002	484,06	22.5.2002	367,38	29.7.2002	256,48	3.10.2002	466,58
2.1.2002	255,90	11.3.2002	471,70	23.5.2002	396,06	30.7.2002	259,00	4.10.2002	461,91
3.1.2002	270,88	12.3.2002	473,48	24.5.2002	454,47	31.7.2002	335,80	7.10.2002	419,43
4.1.2002	300,57	13.3.2002	461,34	27.5.2002	447,99	1.8.2002	336,65	8.10.2002	396,46
7.1.2002	305,64	14.3.2002	463,41	28.5.2002	447,95	2.8.2002	335,14	9.10.2002	399,99
8.1.2002	309,89	15.3.2002	455,92	29.5.2002	434,64	5.8.2002	351,91	10.10.2002	403,36
9.1.2002	312,91	18.3.2002	450,47	30.5.2002	431,70	6.8.2002	342,97	11.10.2002	388,32
10.1.2002	311,46	19.3.2002	445,26	31.5.2002	419,23	7.8.2002	371,73	14.10.2002	398,50
11.1.2002	301,31	20.3.2002	432,62	3.6.2002	419,43	8.8.2002	431,35	15.10.2002	403,06
14.1.2002	295,04	21.3.2002	422,83	4.6.2002	414,83	9.8.2002	427,40	16.10.2002	395,02
15.1.2002	307,56	22.3.2002	420,57	5.6.2002	411,17	12.8.2002	428,01	17.10.2002	383,31
16.1.2002	305,45	25.3.2002	410,92	6.6.2002	403,04	13.8.2002	413,75	18.10.2002	394,13
17.1.2002	308,28	26.3.2002	421,50	7.6.2002	396,12	14.8.2002	418,69	21.10.2002	385,86
18.1.2002	304,77	27.3.2002	416,57	10.6.2002	388,85	15.8.2002	406,37	22.10.2002	388,23
21.1.2002	304,22	28.3.2002	530,67	11.6.2002	351,74	16.8.2002	360,41	23.10.2002	393,87
22.1.2002	305,77	29.3.2002	520,06	12.6.2002	348,80	19.8.2002	349,97	24.10.2002	396,17
23.1.2002	303,08	3.4.2002	479,35	13.6.2002	368,34	20.8.2002	331,10	25.10.2002	388,10
24.1.2002	307,19	4.4.2002	460,88	14.6.2002	355,23	21.8.2002	333,39	28.10.2002	403,47
25.1.2002	309,85	5.4.2002	462,57	17.6.2002	384,12	22.8.2002	355,41	29.10.2002	379,82
28.1.2002	289,19	8.4.2002	463,92	18.6.2002	436,62	23.8.2002	366,82	30.10.2002	376,29
29.1.2002	289,96	9.4.2002	462,54	19.6.2002	436,03	26.8.2002	386,01	31.10.2002	373,73
30.1.2002	292,71	12.4.2002	447,29	20.6.2002	432,19	27.8.2002	379,65	1.11.2002	357,49
31.1.2002	295,27	15.4.2002	445,33	21.6.2002	415,63	28.8.2002	354,51	4.11.2002	343,35
1.2.2002	297,80	16.4.2002	424,13	24.6.2002	416,55	29.8.2002	318,66	5.11.2002	342,27
4.2.2002	298,13	17.4.2002	452,20	25.6.2002	401,33	30.8.2002	335,89	6.11.2002	364,42
5.2.2002	298,36	18.4.2002	451,06	26.6.2002	399,66	2.9.2002	326,53	7.11.2002	352,07
6.2.2002	297,76	19.4.2002	443,36	27.6.2002	393,18	3.9.2002	320,65	8.11.2002	352,72
7.2.2002	297,77	22.4.2002	439,97	28.6.2002	252,34	4.9.2002	319,93	11.11.2002	365,23
8.2.2002	293,97	23.4.2002	423,16	1.7.2002	254,20	5.9.2002	323,36	12.11.2002	387,06
11.2.2002	294,65	24.4.2002	412,26	2.7.2002	247,40	6.9.2002	325,59	13.11.2002	375,96
12.2.2002	307,18	25.4.2002	413,78	3.7.2002	229,67	9.9.2002	318,97	14.11.2002	402,15
13.2.2002	302,67	26.4.2002	418,75	4.7.2002	233,85	10.9.2002	329,51	15.11.2002	431,41
14.2.2002	303,60	29.4.2002	413,46	5.7.2002	237,81	11.9.2002	334,85	18.11.2002	449,97
15.2.2002	304,12	1.5.2002	407,47	8.7.2002	239,85	12.9.2002	354,61	19.11.2002	442,80
18.2.2002	306,01	2.5.2002	414,07	9.7.2002	240,43	13.9.2002	355,12	20.11.2002	471,40
19.2.2002	307,70	3.5.2002	408,86	10.7.2002	237,24	16.9.2002	334,08	21.11.2002	440,12
20.2.2002	308,03	6.5.2002	411,65	11.7.2002	237,88	17.9.2002	358,65	22.11.2002	446,33
21.2.2002	304,57	7.5.2002	406,53	12.7.2002	240,46	18.9.2002	397,90	25.11.2002	433,87
22.2.2002	303,23	8.5.2002	402,79	15.7.2002	240,42	19.9.2002	358,19	26.11.2002	439,37
25.2.2002	304,24	9.5.2002	394,33	16.7.2002	236,95	20.9.2002	334,22	27.11.2002	418,94
26.2.2002	399,02	10.5.2002	393,72	17.7.2002	237,52	23.9.2002	338,56	28.11.2002	422,28
27.2.2002	397,89	13.5.2002	391,41	18.7.2002	250,35	24.9.2002	354,55	29.11.2002	381,48
28.2.2002	393,96	14.5.2002	387,35	19.7.2002	246,23	25.9.2002	354,73	2.12.2002	346,48
1.3.2002	414,48	15.5.2002	387,53	22.7.2002	246,13	26.9.2002	355,47	3.12.2002	344,20
4.3.2002	402,52	16.5.2002	368,95	23.7.2002	251,67	27.9.2002	344,06	4.12.2002	466,34
5.3.2002	432,06	17.5.2002	364,42	24.7.2002	254,62	30.9.2002	343,82	5.12.2002	466,98
6.3.2002	492,89	20.5.2002	358,87	25.7.2002	256,19	1.10.2002	340,85	6.12.2002	465,79



9.12.2002	420,19	19.2.2003	545,54	30.4.2003	511,67	9.7.2003	368,93	18.9.2003	239,95
10.12.2002	395,02	20.2.2003	544,06	1.5.2003	518,89	10.7.2003	359,13	19.9.2003	239,13
11.12.2002	398,46	21.2.2003	639,53	2.5.2003	513,59	11.7.2003	322,34	22.9.2003	230,93
12.12.2002	396,08	24.2.2003	644,62	5.5.2003	500,12	14.7.2003	313,60	23.9.2003	229,92
13.12.2002	382,73	25.2.2003	645,57	6.5.2003	503,49	15.7.2003	300,01	24.9.2003	232,50
16.12.2002	391,31	26.2.2003	640,47	7.5.2003	475,59	16.7.2003	239,01	25.9.2003	228,52
17.12.2002	393,79	27.2.2003	635,59	8.5.2003	468,81	17.7.2003	237,40	26.9.2003	229,41
18.12.2002	402,99	28.2.2003	624,85	9.5.2003	458,43	18.7.2003	236,90	29.9.2003	230,54
19.12.2002	431,19	3.3.2003	640,66	12.5.2003	452,16	21.7.2003	236,19	30.9.2003	232,43
20.12.2002	451,26	4.3.2003	637,32	13.5.2003	385,75	22.7.2003	232,87	1.10.2003	235,55
23.12.2002	447,13	5.3.2003	674,11	14.5.2003	398,78	23.7.2003	232,94	2.10.2003	234,25
24.12.2002	466,84	6.3.2003	677,21	15.5.2003	396,37	24.7.2003	233,19	3.10.2003	234,07
26.12.2002	471,73	7.3.2003	678,92	16.5.2003	415,66	28.7.2003	240,06	6.10.2003	245,51
27.12.2002	509,93	10.3.2003	701,56	19.5.2003	385,49	29.7.2003	225,11	7.10.2003	249,06
30.12.2002	521,39	11.3.2003	699,56	20.5.2003	388,77	30.7.2003	224,03	8.10.2003	226,61
31.12.2002	499,26	12.3.2003	687,82	21.5.2003	372,12	31.7.2003	223,84	9.10.2003	225,13
2.1.2003	544,49	13.3.2003	701,47	22.5.2003	373,11	1.8.2003	229,29	10.10.2003	226,63
3.1.2003	528,52	14.3.2003	697,70	23.5.2003	358,14	4.8.2003	225,58	13.10.2003	229,64
6.1.2003	544,97	17.3.2003	729,77	26.5.2003	362,63	5.8.2003	229,72	14.10.2003	228,90
7.1.2003	565,64	18.3.2003	739,14	27.5.2003	325,00	6.8.2003	226,35	15.10.2003	228,54
8.1.2003	564,75	19.3.2003	762,76	28.5.2003	297,94	7.8.2003	224,40	16.10.2003	228,75
9.1.2003	590,25	20.3.2003	782,55	29.5.2003	296,34	8.8.2003	281,70	17.10.2003	228,90
10.1.2003	596,19	21.3.2003	791,84	30.5.2003	404,30	11.8.2003	238,75	20.10.2003	228,25
13.1.2003	583,76	24.3.2003	786,51	2.6.2003	337,04	12.8.2003	261,84	21.10.2003	231,90
14.1.2003	588,40	25.3.2003	764,19	3.6.2003	305,98	13.8.2003	275,40	22.10.2003	234,08
15.1.2003	611,21	26.3.2003	763,55	4.6.2003	290,90	14.8.2003	295,20	23.10.2003	237,64
16.1.2003	577,39	27.3.2003	761,53	5.6.2003	295,79	15.8.2003	296,94	24.10.2003	235,86
17.1.2003	601,04	28.3.2003	749,98	6.6.2003	307,36	18.8.2003	277,11	27.10.2003	248,30
20.1.2003	584,52	31.3.2003	720,32	9.6.2003	306,71	19.8.2003	251,38	28.10.2003	252,77
21.1.2003	565,93	1.4.2003	708,04	10.6.2003	303,95	20.8.2003	269,52	29.10.2003	253,70
22.1.2003	560,46	2.4.2003	716,59	11.6.2003	294,13	21.8.2003	253,17	30.10.2003	256,49
23.1.2003	584,74	3.4.2003	709,70	12.6.2003	295,56	22.8.2003	256,98	31.10.2003	263,99
24.1.2003	562,70	4.4.2003	726,10	13.6.2003	297,78	25.8.2003	253,39	3.11.2003	314,61
27.1.2003	595,66	7.4.2003	762,38	16.6.2003	294,82	26.8.2003	252,30	4.11.2003	307,59
28.1.2003	578,31	8.4.2003	777,40	17.6.2003	293,28	27.8.2003	253,54	5.11.2003	291,57
29.1.2003	564,34	9.4.2003	738,32	18.6.2003	294,39	28.8.2003	257,94	6.11.2003	293,75
30.1.2003	544,03	10.4.2003	744,46	19.6.2003	310,85	29.8.2003	259,34	7.11.2003	308,89
31.1.2003	554,16	11.4.2003	751,77	20.6.2003	301,29	1.9.2003	249,59	10.11.2003	314,44
3.2.2003	577,39	14.4.2003	792,73	23.6.2003	327,05	2.9.2003	248,73	11.11.2003	330,95
4.2.2003	558,11	15.4.2003	790,99	24.6.2003	376,51	3.9.2003	248,35	12.11.2003	322,16
5.2.2003	564,02	16.4.2003	783,06	25.6.2003	372,50	4.9.2003	246,23	13.11.2003	302,18
6.2.2003	555,47	17.4.2003	777,74	26.6.2003	367,88	5.9.2003	246,79	14.11.2003	273,59
7.2.2003	551,10	18.4.2003	539,44	27.6.2003	357,05	8.9.2003	245,90	17.11.2003	291,89
10.2.2003	564,94	21.4.2003	534,65	30.6.2003	362,50	9.9.2003	243,09	18.11.2003	285,84
11.2.2003	586,36	22.4.2003	533,75	1.7.2003	352,19	10.9.2003	242,34	19.11.2003	280,69
12.2.2003	576,59	23.4.2003	537,39	2.7.2003	313,64	11.9.2003	243,75	20.11.2003	281,05
13.2.2003	542,14	24.4.2003	541,35	3.7.2003	307,64	12.9.2003	245,19	21.11.2003	283,14
14.2.2003	517,73	25.4.2003	528,74	4.7.2003	291,54	15.9.2003	243,18	24.11.2003	285,99
17.2.2003	518,16	28.4.2003	520,97	7.7.2003	374,91	16.9.2003	241,44	25.11.2003	284,13
18.2.2003	514,53	29.4.2003	510,15	8.7.2003	364,86	17.9.2003	238,85	26.11.2003	288,17

27.11.2003	292,10	9.2.2004	195,40	19.4.2004	187,19	28.6.2004	183,85	6.9.2004	265,45
28.11.2003	310,54	10.2.2004	189,61	20.4.2004	183,99	29.6.2004	182,89	7.9.2004	254,36
1.12.2003	306,01	11.2.2004	191,56	21.4.2004	174,45	30.6.2004	180,58	8.9.2004	241,87
2.12.2003	285,56	12.2.2004	188,76	22.4.2004	190,26	1.7.2004	191,35	9.9.2004	240,00
3.12.2003	300,00	13.2.2004	183,21	23.4.2004	190,11	2.7.2004	185,52	10.9.2004	236,35
4.12.2003	332,19	16.2.2004	185,56	26.4.2004	184,57	5.7.2004	185,24	13.9.2004	239,96
5.12.2003	302,08	17.2.2004	189,22	27.4.2004	187,11	6.7.2004	185,07	14.9.2004	248,78
8.12.2003	286,01	18.2.2004	188,09	28.4.2004	186,89	7.7.2004	184,74	15.9.2004	254,94
9.12.2003	289,10	19.2.2004	186,61	29.4.2004	184,08	8.7.2004	184,95	16.9.2004	245,93
10.12.2003	302,56	20.2.2004	189,14	30.4.2004	185,93	9.7.2004	185,84	17.9.2004	244,86
11.12.2003	299,75	23.2.2004	192,01	3.5.2004	206,67	12.7.2004	185,21	20.9.2004	235,17
12.12.2003	299,27	24.2.2004	189,21	4.5.2004	190,33	13.7.2004	186,19	21.9.2004	237,23
15.12.2003	290,45	25.2.2004	189,74	5.5.2004	192,36	14.7.2004	180,93	22.9.2004	258,58
16.12.2003	291,11	26.2.2004	191,20	6.5.2004	194,96	15.7.2004	183,76	23.9.2004	260,17
17.12.2003	288,50	27.2.2004	195,23	7.5.2004	193,99	16.7.2004	185,91	24.9.2004	254,25
18.12.2003	295,26	1.3.2004	189,97	10.5.2004	196,21	19.7.2004	186,19	27.9.2004	247,73
19.12.2003	293,32	2.3.2004	194,18	11.5.2004	193,10	20.7.2004	188,07	28.9.2004	240,45
22.12.2003	286,96	3.3.2004	199,05	12.5.2004	191,53	21.7.2004	189,55	29.9.2004	350,74
23.12.2003	287,92	4.3.2004	195,67	13.5.2004	207,93	22.7.2004	190,60	30.9.2004	342,25
24.12.2003	285,22	5.3.2004	197,55	14.5.2004	202,73	23.7.2004	189,45	1.10.2004	363,92
26.12.2003	277,14	8.3.2004	199,14	17.5.2004	200,65	26.7.2004	189,22	4.10.2004	343,34
27.12.2003	275,89	9.3.2004	197,11	18.5.2004	205,16	27.7.2004	187,80	5.10.2004	319,01
28.12.2003	285,12	10.3.2004	193,40	19.5.2004	191,75	28.7.2004	188,90	6.10.2004	342,82
31.12.2003	231,27	11.3.2004	195,58	20.5.2004	191,46	29.7.2004	187,41	7.10.2004	365,97
2.1.2004	264,34	12.3.2004	198,43	21.5.2004	193,78	30.7.2004	188,29	8.10.2004	362,58
5.1.2004	248,77	15.3.2004	200,06	24.5.2004	187,04	2.8.2004	181,66	11.10.2004	341,68
6.1.2004	250,37	16.3.2004	196,39	25.5.2004	188,09	3.8.2004	185,14	12.10.2004	316,83
7.1.2004	255,25	17.3.2004	199,72	26.5.2004	186,85	4.8.2004	229,11	13.10.2004	337,82
8.1.2004	264,05	18.3.2004	198,37	27.5.2004	184,12	5.8.2004	232,84	14.10.2004	356,82
9.1.2004	252,63	19.3.2004	193,73	28.5.2004	184,04	6.8.2004	231,83	15.10.2004	336,95
12.1.2004	239,29	22.3.2004	195,17	31.5.2004	178,03	9.8.2004	231,53	18.10.2004	315,32
13.1.2004	232,70	23.3.2004	200,76	1.6.2004	198,52	10.8.2004	235,75	19.10.2004	302,33
14.1.2004	264,58	24.3.2004	197,84	2.6.2004	201,54	11.8.2004	234,98	20.10.2004	319,33
15.1.2004	255,51	25.3.2004	192,64	3.6.2004	199,71	12.8.2004	238,63	21.10.2004	305,96
16.1.2004	246,72	26.3.2004	194,68	4.6.2004	195,77	13.8.2004	239,67	22.10.2004	304,22
19.1.2004	241,62	29.3.2004	198,72	7.6.2004	192,58	16.8.2004	246,49	25.10.2004	302,02
20.1.2004	232,95	30.3.2004	200,43	8.6.2004	191,79	17.8.2004	259,98	26.10.2004	301,73
21.1.2004	224,52	31.3.2004	201,67	9.6.2004	191,67	18.8.2004	266,01	27.10.2004	294,64
22.1.2004	250,55	1.4.2004	195,00	10.6.2004	198,18	19.8.2004	266,34	28.10.2004	278,75
23.1.2004	262,46	2.4.2004	196,00	11.6.2004	190,52	20.8.2004	252,60	29.10.2004	259,60
26.1.2004	232,48	5.4.2004	199,01	14.6.2004	186,17	23.8.2004	265,13	1.11.2004	264,15
27.1.2004	219,88	6.4.2004	194,59	15.6.2004	185,67	24.8.2004	270,71	2.11.2004	348,00
28.1.2004	213,88	7.4.2004	196,92	16.6.2004	186,17	25.8.2004	269,68	3.11.2004	337,98
29.1.2004	197,70	8.4.2004	200,39	17.6.2004	185,89	26.8.2004	253,33	4.11.2004	367,55
30.1.2004	198,24	9.4.2004	197,33	18.6.2004	184,11	27.8.2004	264,30	5.11.2004	332,18
2.2.2004	195,67	12.4.2004	192,49	21.6.2004	185,67	30.8.2004	267,86	8.11.2004	327,26
3.2.2004	196,39	13.4.2004	195,23	22.6.2004	186,41	31.8.2004	265,30	9.11.2004	325,52
4.2.2004	193,58	14.4.2004	198,10	23.6.2004	183,36	1.9.2004	252,81	10.11.2004	312,96
5.2.2004	195,22	15.4.2004	201,06	24.6.2004	184,47	2.9.2004	265,25	11.11.2004	313,31
6.2.2004	194,49	16.4.2004	182,65	25.6.2004	183,26	3.9.2004	270,90	12.11.2004	304,42

15.11.2004	306,12	26.1.2005	506,25	12.4.2005	569,65	24.6.2005	625,28	8.9.2005	909,92
16.11.2004	302,09	27.1.2005	500,20	13.4.2005	553,14	27.6.2005	605,70	9.9.2005	912,90
17.11.2004	295,56	28.1.2005	495,68	14.4.2005	559,87	28.6.2005	596,66	12.9.2005	905,42
18.11.2004	293,24	31.1.2005	500,42	15.4.2005	557,45	29.6.2005	599,09	13.9.2005	885,39
19.11.2004	285,36	1.2.2005	498,66	18.4.2005	559,86	30.6.2005	587,58	14.9.2005	919,21
22.11.2004	278,41	2.2.2005	501,77	19.4.2005	567,48	1.7.2005	608,06	15.9.2005	944,77
23.11.2004	276,82	3.2.2005	483,91	20.4.2005	566,37	5.7.2005	636,46	16.9.2005	942,01
24.11.2004	268,47	4.2.2005	481,82	21.4.2005	566,00	6.7.2005	652,61	19.9.2005	1058,73
25.11.2004	274,19	7.2.2005	472,40	22.4.2005	572,45	7.7.2005	627,80	20.9.2005	1052,54
26.11.2004	268,41	8.2.2005	492,27	25.4.2005	568,90	8.7.2005	644,99	21.9.2005	1044,94
29.11.2004	340,49	9.2.2005	495,61	26.4.2005	567,11	11.7.2005	649,11	22.9.2005	1066,98
30.11.2004	341,58	10.2.2005	495,80	27.4.2005	542,96	12.7.2005	685,17	23.9.2005	1039,65
1.12.2004	318,24	11.2.2005	491,11	28.4.2005	536,74	13.7.2005	680,06	26.9.2005	1072,13
2.12.2004	311,50	14.2.2005	489,82	29.4.2005	525,89	14.7.2005	666,91	27.9.2005	1076,12
3.12.2004	305,52	15.2.2005	492,42	2.5.2005	541,67	15.7.2005	668,28	28.9.2005	1171,35
6.12.2004	304,35	16.2.2005	485,95	3.5.2005	524,83	18.7.2005	657,89	29.9.2005	1188,70
7.12.2004	302,26	17.2.2005	470,92	4.5.2005	536,09	19.7.2005	651,72	30.9.2005	1164,27
8.12.2004	296,30	18.2.2005	468,48	5.5.2005	540,46	20.7.2005	647,73	3.10.2005	1180,43
9.12.2004	296,09	22.2.2005	485,52	6.5.2005	528,08	21.7.2005	631,53	4.10.2005	1198,97
10.12.2004	282,82	23.2.2005	501,72	9.5.2005	529,79	22.7.2005	633,75	5.10.2005	1210,58
13.12.2004	276,64	24.2.2005	497,90	10.5.2005	530,67	25.7.2005	618,57	6.10.2005	1142,66
14.12.2004	278,24	25.2.2005	519,83	11.5.2005	533,99	26.7.2005	632,95	7.10.2005	1130,59
15.12.2004	280,17	28.2.2005	517,70	12.5.2005	522,31	27.7.2005	648,48	10.10.2005	1109,25
16.12.2004	274,33	1.3.2005	515,53	13.5.2005	523,01	28.7.2005	662,50	11.10.2005	1142,42
17.12.2004	269,40	2.3.2005	515,72	16.5.2005	518,95	29.7.2005	678,85	12.10.2005	1147,22
20.12.2004	274,52	3.3.2005	511,02	17.5.2005	528,02	1.8.2005	694,83	13.10.2005	1122,93
21.12.2004	270,34	4.3.2005	522,62	18.5.2005	524,77	2.8.2005	713,08	14.10.2005	1133,74
22.12.2004	270,98	7.3.2005	518,70	19.5.2005	523,19	3.8.2005	701,91	17.10.2005	1197,07
23.12.2004	267,57	8.3.2005	531,51	20.5.2005	522,99	4.8.2005	710,34	18.10.2005	1154,40
24.12.2004	265,84	9.3.2005	528,91	23.5.2005	526,58	5.8.2005	721,61	19.10.2005	1159,86
27.12.2004	262,73	10.3.2005	517,78	24.5.2005	522,46	8.8.2005	720,50	20.10.2005	1121,30
28.12.2004	262,14	11.3.2005	511,62	25.5.2005	525,75	9.8.2005	710,23	21.10.2005	1112,23
29.12.2004	258,31	14.3.2005	539,70	26.5.2005	509,78	10.8.2005	739,53	24.10.2005	1117,34
30.12.2004	256,65	15.3.2005	542,31	27.5.2005	528,71	11.8.2005	756,90	25.10.2005	1222,75
31.12.2004	256,64	16.3.2005	548,97	31.5.2005	531,02	12.8.2005	776,91	26.10.2005	1195,70
3.1.2005	444,93	17.3.2005	552,95	1.6.2005	564,15	15.8.2005	771,49	27.10.2005	1153,62
4.1.2005	458,68	18.3.2005	559,86	2.6.2005	569,65	16.8.2005	788,38	28.10.2005	1100,28
5.1.2005	459,16	21.3.2005	566,89	3.6.2005	579,47	17.8.2005	763,28	31.10.2005	1022,57
6.1.2005	477,96	22.3.2005	560,92	6.6.2005	606,08	18.8.2005	727,08	1.11.2005	1002,08
7.1.2005	471,77	23.3.2005	563,72	7.6.2005	603,49	19.8.2005	746,89	2.11.2005	985,13
10.1.2005	487,47	24.3.2005	554,80	8.6.2005	588,25	22.8.2005	788,81	3.11.2005	992,26
11.1.2005	481,05	28.3.2005	560,41	9.6.2005	592,72	23.8.2005	799,86	4.11.2005	964,60
12.1.2005	472,63	29.3.2005	585,36	10.6.2005	582,15	24.8.2005	822,85	7.11.2005	1016,37
13.1.2005	507,03	30.3.2005	591,43	13.6.2005	606,80	25.8.2005	812,42	8.11.2005	1021,10
14.1.2005	507,63	31.3.2005	610,29	14.6.2005	608,71	26.8.2005	812,74	9.11.2005	1012,86
18.1.2005	487,30	1.4.2005	615,06	15.6.2005	625,93	29.8.2005	919,20	10.11.2005	988,66
19.1.2005	501,23	4.4.2005	600,21	16.6.2005	650,46	30.8.2005	957,76	11.11.2005	1017,60
20.1.2005	500,79	5.4.2005	600,61	17.6.2005	655,93	31.8.2005	944,10	14.11.2005	1019,89
21.1.2005	501,38	6.4.2005	603,00	20.6.2005	654,55	1.9.2005	975,07	15.11.2005	1022,00
24.1.2005	520,49	7.4.2005	590,97	21.6.2005	634,90	2.9.2005	969,24	16.11.2005	1094,99
25.1.2005	509,34	8.4.2005	578,77	22.6.2005	628,03	6.9.2005	947,73	17.11.2005	1062,24
		11.4.2005	582,04	23.6.2005	629,91	7.9.2005	902,52	18.11.2005	1015,45

21.11.2005	991,68	9.2.2006	612,03	26.4.2006	572,74	11.7.2006	437,66	22.9.2006	350,95
22.11.2005	1021,31	10.2.2006	601,26	27.4.2006	533,09	12.7.2006	447,54	25.9.2006	340,78
23.11.2005	1014,43	13.2.2006	593,01	28.4.2006	511,90	13.7.2006	475,73	26.9.2006	339,69
28.11.2005	981,40	14.2.2006	581,11	1.5.2006	525,06	14.7.2006	493,98	27.9.2006	431,11
29.11.2005	990,44	15.2.2006	585,07	2.5.2006	530,94	17.7.2006	452,54	28.9.2006	410,14
30.11.2005	1061,48	16.2.2006	591,86	3.5.2006	514,94	18.7.2006	456,51	29.9.2006	429,94
1.12.2005	1093,89	17.2.2006	594,96	4.5.2006	533,65	19.7.2006	453,62	2.10.2006	425,87
5.12.2005	1147,38	21.2.2006	642,20	5.5.2006	522,49	21.7.2006	468,57	3.10.2006	438,66
6.12.2005	1137,65	22.2.2006	603,96	8.5.2006	520,71	24.7.2006	503,27	4.10.2006	465,22
7.12.2005	1158,96	23.2.2006	611,94	9.5.2006	507,67	25.7.2006	493,93	5.10.2006	485,48
8.12.2005	1260,87	24.2.2006	595,01	10.5.2006	531,94	26.7.2006	534,31	6.10.2006	489,23
9.12.2005	1201,81	27.2.2006	557,10	11.5.2006	509,76	27.7.2006	548,99	9.10.2006	484,78
12.12.2005	1256,52	28.2.2006	544,85	12.5.2006	484,64	28.7.2006	548,45	10.10.2006	505,52
13.12.2005	1299,32	1.3.2006	549,01	15.5.2006	469,20	31.7.2006	624,79	11.10.2006	472,83
14.12.2005	1236,32	2.3.2006	553,18	16.5.2006	484,26	1.8.2006	580,75	12.10.2006	440,99
15.12.2005	1151,07	3.3.2006	554,82	17.5.2006	473,75	2.8.2006	593,71	13.10.2006	436,03
16.12.2005	1135,70	6.3.2006	532,20	18.5.2006	459,54	3.8.2006	553,88	16.10.2006	509,51
19.12.2005	1159,03	7.3.2006	545,94	19.5.2006	465,58	4.8.2006	549,42	17.10.2006	496,12
20.12.2005	1163,51	8.3.2006	543,11	22.5.2006	490,11	7.8.2006	530,09	18.10.2006	531,05
21.12.2005	1184,29	9.3.2006	540,36	23.5.2006	488,36	8.8.2006	546,03	19.10.2006	545,83
22.12.2005	1072,24	10.3.2006	553,77	24.5.2006	460,10	9.8.2006	571,46	20.10.2006	554,38
23.12.2005	1022,36	13.3.2006	585,07	25.5.2006	456,56	10.8.2006	557,29	23.10.2006	523,94
27.12.2005	932,61	14.3.2006	595,32	26.5.2006	462,80	11.8.2006	540,19	24.10.2006	549,08
28.12.2005	969,15	15.3.2006	595,42	30.5.2006	459,98	14.8.2006	515,71	25.10.2006	594,80
29.12.2005	934,16	16.3.2006	606,60	31.5.2006	482,31	15.8.2006	515,31	26.10.2006	571,47
30.12.2005	935,46	17.3.2006	587,56	1.6.2006	484,61	16.8.2006	509,12	27.10.2006	591,75
3.1.2006	892,35	20.3.2006	565,66	2.6.2006	497,27	17.8.2006	501,65	30.10.2006	563,97
4.1.2006	850,93	21.3.2006	566,54	5.6.2006	493,18	18.8.2006	501,65	31.10.2006	575,10
5.1.2006	779,95	22.3.2006	564,69	6.6.2006	484,59	21.8.2006	494,37	1.11.2006	581,17
6.1.2006	789,31	23.3.2006	596,00	7.6.2006	451,32	22.8.2006	525,27	2.11.2006	586,53
9.1.2006	767,69	24.3.2006	596,18	8.6.2006	471,42	23.8.2006	527,00	3.11.2006	589,89
10.1.2006	764,59	27.3.2006	585,80	9.6.2006	471,47	24.8.2006	546,01	6.11.2006	556,88
11.1.2006	756,84	28.3.2006	598,80	12.6.2006	480,22	25.8.2006	528,99	7.11.2006	581,73
12.1.2006	730,85	29.3.2006	609,55	13.6.2006	478,72	28.8.2006	481,10	8.11.2006	586,88
13.1.2006	718,48	30.3.2006	609,21	14.6.2006	516,47	29.8.2006	508,92	9.11.2006	589,16
17.1.2006	757,31	31.3.2006	585,65	15.6.2006	565,38	30.8.2006	472,47	10.11.2006	579,49
18.1.2006	714,77	3.4.2006	593,60	16.6.2006	565,31	31.8.2006	446,23	13.11.2006	594,36
19.1.2006	734,89	4.4.2006	573,48	19.6.2006	541,55	1.9.2006	443,97	14.11.2006	596,12
20.1.2006	762,99	5.4.2006	573,57	20.6.2006	510,44	4.9.2006	436,79	15.11.2006	612,45
23.1.2006	708,08	6.4.2006	565,02	21.6.2006	521,35	5.9.2006	448,28	16.11.2006	576,51
24.1.2006	712,23	7.4.2006	541,74	22.6.2006	509,36	6.9.2006	442,14	17.11.2006	608,96
25.1.2006	684,52	10.4.2006	553,38	23.6.2006	492,18	7.9.2006	429,33	20.11.2006	594,84
26.1.2006	667,38	11.4.2006	553,18	26.6.2006	475,76	8.9.2006	427,28	21.11.2006	587,49
27.1.2006	669,96	12.4.2006	551,61	27.6.2006	490,07	11.9.2006	424,24	22.11.2006	570,03
30.1.2006	742,70	13.4.2006	584,30	28.6.2006	476,72	12.9.2006	421,94	27.11.2006	584,39
31.1.2006	741,82	17.4.2006	620,78	29.6.2006	474,20	13.9.2006	411,81	28.11.2006	625,16
1.2.2006	700,51	18.4.2006	655,69	3.7.2006	468,19	14.9.2006	379,06	29.11.2006	645,00
2.2.2006	669,11	19.4.2006	674,85	4.7.2006	472,74	15.9.2006	380,70	30.11.2006	633,66
3.2.2006	691,24	20.4.2006	664,50	5.7.2006	445,28	18.9.2006	385,03	1.12.2006	604,85
6.2.2006	648,53	21.4.2006	649,83	6.7.2006	435,42	19.9.2006	386,55	4.12.2006	557,03
7.2.2006	638,53	24.4.2006	612,06	7.7.2006	425,11	20.9.2006	379,18	5.12.2006	552,16
8.2.2006	629,65	25.4.2006	585,53	10.7.2006	434,88	21.9.2006	361,08	6.12.2006	559,09

7.12.2006	553,18	21.2.2007	557,77	7.5.2007	550,43	19.7.2007	466,54	1.10.2007	469,16
8.12.2006	541,77	22.2.2007	568,24	8.5.2007	542,46	20.7.2007	445,94	2.10.2007	495,18
11.12.2006	534,36	23.2.2007	567,69	9.5.2007	553,06	23.7.2007	420,81	3.10.2007	480,95
12.12.2006	540,12	26.2.2007	566,44	10.5.2007	547,09	24.7.2007	410,26	4.10.2007	488,55
13.12.2006	553,06	27.2.2007	544,46	11.5.2007	562,82	25.7.2007	415,89	5.10.2007	463,83
14.12.2006	536,86	28.2.2007	529,93	14.5.2007	561,27	26.7.2007	415,47	8.10.2007	452,46
15.12.2006	532,86	1.3.2007	531,27	15.5.2007	556,02	27.7.2007	435,86	9.10.2007	451,48
18.12.2006	507,00	2.3.2007	525,61	16.5.2007	565,44	30.7.2007	458,40	10.10.2007	465,28
19.12.2006	514,49	5.3.2007	533,43	17.5.2007	580,81	31.7.2007	434,14	11.10.2007	453,20
20.12.2006	484,96	6.3.2007	549,64	18.5.2007	564,51	1.8.2007	444,08	12.10.2007	457,16
21.12.2006	477,51	7.3.2007	533,05	21.5.2007	564,41	2.8.2007	427,04	15.10.2007	486,17
22.12.2006	465,82	8.3.2007	526,75	22.5.2007	558,95	3.8.2007	427,69	16.10.2007	483,61
26.12.2006	431,06	9.3.2007	512,97	23.5.2007	556,09	6.8.2007	435,87	17.10.2007	483,85
27.12.2006	434,73	12.3.2007	505,64	24.5.2007	552,70	7.8.2007	435,45	18.10.2007	477,20
28.12.2006	448,15	13.3.2007	502,53	25.5.2007	544,14	8.8.2007	437,12	19.10.2007	455,47
29.12.2006	448,16	14.3.2007	516,61	28.5.2007	542,57	9.8.2007	461,47	22.10.2007	438,77
2.1.2007	444,43	15.3.2007	501,95	29.5.2007	556,98	10.8.2007	484,23	23.10.2007	431,41
3.1.2007	435,89	16.3.2007	494,66	30.5.2007	570,64	13.8.2007	478,06	24.10.2007	445,68
4.1.2007	442,13	19.3.2007	488,72	31.5.2007	568,98	14.8.2007	492,39	25.10.2007	456,92
5.1.2007	446,55	20.3.2007	492,73	1.6.2007	563,73	15.8.2007	481,47	26.10.2007	497,36
8.1.2007	467,56	21.3.2007	514,22	4.6.2007	586,41	16.8.2007	480,34	29.10.2007	505,17
9.1.2007	485,05	22.3.2007	521,33	5.6.2007	580,00	17.8.2007	488,25	30.10.2007	506,19
10.1.2007	486,90	23.3.2007	516,47	6.6.2007	587,99	20.8.2007	417,40	31.10.2007	529,32
11.1.2007	456,54	26.3.2007	520,92	7.6.2007	565,99	21.8.2007	406,77	1.11.2007	536,00
12.1.2007	485,05	27.3.2007	542,78	8.6.2007	557,32	22.8.2007	390,40	2.11.2007	523,55
15.1.2007	483,12	28.3.2007	545,52	11.6.2007	555,70	23.8.2007	391,92	5.11.2007	492,53
16.1.2007	485,45	29.3.2007	544,06	12.6.2007	565,17	24.8.2007	378,00	6.11.2007	495,16
17.1.2007	457,38	30.3.2007	552,27	13.6.2007	556,97	27.8.2007	373,98	7.11.2007	478,43
18.1.2007	467,28	2.4.2007	543,29	14.6.2007	566,31	28.8.2007	391,58	8.11.2007	479,60
19.1.2007	505,77	3.4.2007	532,03	15.6.2007	575,79	29.8.2007	385,41	9.11.2007	489,43
22.1.2007	537,09	4.4.2007	535,99	18.6.2007	559,18	30.8.2007	394,48	12.11.2007	490,83
23.1.2007	558,28	5.4.2007	543,00	19.6.2007	548,98	31.8.2007	377,69	13.11.2007	491,04
24.1.2007	538,60	9.4.2007	536,27	20.6.2007	536,43	3.9.2007	374,66	14.11.2007	479,56
25.1.2007	510,50	10.4.2007	561,88	21.6.2007	535,91	4.9.2007	391,82	15.11.2007	474,86
26.1.2007	534,71	11.4.2007	557,38	22.6.2007	515,32	5.9.2007	397,84	16.11.2007	492,38
29.1.2007	517,81	12.4.2007	562,22	25.6.2007	503,49	6.9.2007	381,96	19.11.2007	477,77
30.1.2007	571,64	13.4.2007	548,25	26.6.2007	496,77	7.9.2007	372,25	20.11.2007	460,87
31.1.2007	567,99	16.4.2007	525,89	27.6.2007	514,26	10.9.2007	400,57	21.11.2007	463,10
1.2.2007	558,11	17.4.2007	523,57	28.6.2007	481,93	11.9.2007	402,14	22.11.2007	460,56
2.2.2007	551,11	18.4.2007	529,09	29.6.2007	488,47	12.9.2007	436,14	23.11.2007	468,93
5.2.2007	569,81	19.4.2007	525,74	2.7.2007	486,63	13.9.2007	411,21	26.11.2007	467,23
6.2.2007	571,48	20.4.2007	515,15	3.7.2007	484,97	14.9.2007	432,29	27.11.2007	461,01
7.2.2007	570,71	23.4.2007	533,90	5.7.2007	471,30	17.9.2007	442,62	28.11.2007	455,97
8.2.2007	583,72	24.4.2007	534,73	6.7.2007	453,14	18.9.2007	435,24	29.11.2007	454,65
9.2.2007	576,28	25.4.2007	538,34	9.7.2007	449,73	19.9.2007	407,41	30.11.2007	448,32
12.2.2007	537,93	26.4.2007	537,54	10.7.2007	468,80	20.9.2007	399,90	3.12.2007	441,46
13.2.2007	549,92	27.4.2007	552,33	11.7.2007	457,73	21.9.2007	403,40	4.12.2007	430,34
14.2.2007	535,19	30.4.2007	550,84	12.7.2007	457,90	24.9.2007	425,73	5.12.2007	435,93
15.2.2007	538,82	1.5.2007	544,73	13.7.2007	464,88	25.9.2007	419,56	6.12.2007	441,91
16.2.2007	548,13	2.5.2007	544,39	16.7.2007	444,09	26.9.2007	466,25	7.12.2007	434,93
19.2.2007	548,35	3.5.2007	561,81	17.7.2007	442,71	27.9.2007	458,58	10.12.2007	439,93
20.2.2007	557,40	4.5.2007	555,42	18.7.2007	455,07	28.9.2007	457,24	11.12.2007	444,22

12.12.2007	462,23	26.2.2008	525,50	9.5.2008	636,45	22.7.2008	518,33	2.10.2008	459,36
13.12.2007	446,00	27.2.2008	512,68	12.5.2008	625,02	23.7.2008	499,92	3.10.2008	450,20
14.12.2007	439,21	28.2.2008	532,93	13.5.2008	631,59	24.7.2008	479,69	6.10.2008	418,67
17.12.2007	441,33	29.2.2008	530,40	14.5.2008	636,61	25.7.2008	469,28	7.10.2008	416,25
18.12.2007	446,92	3.3.2008	523,19	15.5.2008	625,82	28.7.2008	483,24	8.10.2008	423,27
19.12.2007	441,72	4.3.2008	524,65	16.5.2008	605,33	29.7.2008	474,69	9.10.2008	416,62
20.12.2007	439,12	5.3.2008	548,53	19.5.2008	595,76	30.7.2008	488,31	10.10.2008	404,63
21.12.2007	442,76	6.3.2008	546,00	20.5.2008	619,88	31.7.2008	479,29	13.10.2008	414,66
24.12.2007	431,96	7.3.2008	544,44	21.5.2008	643,24	1.8.2008	495,24	14.10.2008	422,23
26.12.2007	413,81	10.3.2008	558,96	22.5.2008	639,52	4.8.2008	454,45	15.10.2008	419,93
27.12.2007	418,78	11.3.2008	558,70	23.5.2008	654,15	5.8.2008	458,72	16.10.2008	431,45
28.12.2007	428,45	12.3.2008	554,98	26.5.2008	669,33	6.8.2008	483,22	17.10.2008	449,16
31.12.2007	435,74	13.3.2008	563,58	27.5.2008	655,21	7.8.2008	466,85	20.10.2008	458,08
2.1.2008	480,73	14.3.2008	539,09	28.5.2008	663,62	8.8.2008	455,23	21.10.2008	489,87
3.1.2008	464,05	17.3.2008	496,89	29.5.2008	631,70	11.8.2008	459,15	22.10.2008	470,63
4.1.2008	473,50	18.3.2008	515,17	30.5.2008	638,73	12.8.2008	463,90	23.10.2008	448,08
7.1.2008	477,61	19.3.2008	497,34	2.6.2008	656,19	13.8.2008	482,47	24.10.2008	410,72
8.1.2008	482,04	20.3.2008	513,75	3.6.2008	664,11	14.8.2008	458,71	27.10.2008	406,26
9.1.2008	491,06	24.3.2008	524,73	4.6.2008	666,42	15.8.2008	456,69	28.10.2008	422,99
10.1.2008	497,64	25.3.2008	526,16	5.6.2008	668,39	18.8.2008	444,01	29.10.2008	443,85
11.1.2008	488,21	26.3.2008	530,74	6.6.2008	680,05	19.8.2008	450,86	30.10.2008	411,01
14.1.2008	494,96	27.3.2008	529,81	9.6.2008	675,20	20.8.2008	455,21	31.10.2008	432,74
15.1.2008	483,62	28.3.2008	535,50	10.6.2008	668,69	21.8.2008	467,50	3.11.2008	453,93
16.1.2008	484,31	31.3.2008	548,92	11.6.2008	683,72	22.8.2008	454,44	4.11.2008	490,79
17.1.2008	492,10	1.4.2008	526,77	12.6.2008	681,42	25.8.2008	452,30	5.11.2008	484,19
18.1.2008	481,33	2.4.2008	536,72	13.6.2008	673,45	26.8.2008	478,61	6.11.2008	471,40
21.1.2008	484,28	3.4.2008	512,05	16.6.2008	682,74	27.8.2008	491,38	7.11.2008	469,74
22.1.2008	471,53	4.4.2008	506,67	17.6.2008	689,30	28.8.2008	465,22	10.11.2008	495,85
23.1.2008	469,45	7.4.2008	528,95	18.6.2008	701,10	29.8.2008	466,16	11.11.2008	460,05
24.1.2008	474,37	8.4.2008	529,08	19.6.2008	681,87	1.9.2008	439,91	12.11.2008	440,17
25.1.2008	478,91	9.4.2008	548,63	20.6.2008	692,03	2.9.2008	419,36	13.11.2008	445,54
28.1.2008	483,98	10.4.2008	540,53	23.6.2008	702,41	3.9.2008	431,60	14.11.2008	440,71
29.1.2008	473,56	11.4.2008	533,92	24.6.2008	685,50	4.9.2008	439,06	17.11.2008	457,50
30.1.2008	482,35	14.4.2008	540,07	25.6.2008	665,88	5.9.2008	444,48	18.11.2008	439,99
31.1.2008	480,40	15.4.2008	547,06	26.6.2008	686,21	8.9.2008	457,48	19.11.2008	453,89
1.2.2008	457,55	16.4.2008	555,62	27.6.2008	682,89	9.9.2008	451,01	20.11.2008	419,92
4.2.2008	465,99	17.4.2008	554,22	30.6.2008	688,35	10.9.2008	438,58	21.11.2008	434,20
5.2.2008	474,89	18.4.2008	577,40	1.7.2008	692,15	11.9.2008	422,91	24.11.2008	460,95
6.2.2008	477,22	21.4.2008	575,70	2.7.2008	697,14	12.9.2008	424,42	25.11.2008	440,91
7.2.2008	490,46	22.4.2008	565,10	3.7.2008	698,02	15.9.2008	419,98	26.11.2008	468,86
8.2.2008	498,09	23.4.2008	579,33	4.7.2008	696,19	16.9.2008	411,07	27.11.2008	468,98
11.2.2008	513,43	24.4.2008	585,09	7.7.2008	660,41	17.9.2008	459,95	28.11.2008	451,20
12.2.2008	502,94	25.4.2008	614,18	8.7.2008	628,47	18.9.2008	426,22	1.12.2008	449,80
13.2.2008	499,78	28.4.2008	616,96	9.7.2008	606,57	19.9.2008	421,38	2.12.2008	439,87
14.2.2008	516,77	29.4.2008	598,08	10.7.2008	621,98	22.9.2008	436,75	3.12.2008	435,27
15.2.2008	507,87	30.4.2008	602,90	11.7.2008	590,57	23.9.2008	465,85	4.12.2008	410,96
18.2.2008	517,77	1.5.2008	588,13	14.7.2008	594,04	24.9.2008	450,30	5.12.2008	385,83
19.2.2008	530,25	2.5.2008	597,55	15.7.2008	570,07	25.9.2008	463,62	8.12.2008	372,28
20.2.2008	525,50	5.5.2008	618,24	16.7.2008	569,60	26.9.2008	451,02	9.12.2008	371,90
21.2.2008	513,86	6.5.2008	616,16	17.7.2008	525,50	29.9.2008	427,17	10.12.2008	373,28
22.2.2008	529,41	7.5.2008	628,87	18.7.2008	527,01	30.9.2008	455,26	11.12.2008	354,41
25.2.2008	527,08	8.5.2008	620,27	21.7.2008	540,92	1.10.2008	475,00	12.12.2008	341,30

15.12.2008	362,37	27.2.2009	318,34	13.5.2009	287,80	24.7.2009	236,18	6.10.2009	292,09
16.12.2008	373,75	2.3.2009	319,80	14.5.2009	290,94	27.7.2009	235,34	7.10.2009	291,24
17.12.2008	359,00	3.3.2009	324,08	15.5.2009	274,40	28.7.2009	227,07	8.10.2009	295,71
18.12.2008	350,93	4.3.2009	325,87	18.5.2009	274,94	29.7.2009	216,05	9.10.2009	282,91
19.12.2008	343,05	5.3.2009	306,06	19.5.2009	260,39	30.7.2009	228,23	12.10.2009	288,17
22.12.2008	352,19	6.3.2009	296,86	20.5.2009	259,57	31.7.2009	223,99	13.10.2009	272,27
23.12.2008	382,09	9.3.2009	288,78	21.5.2009	233,81	3.8.2009	245,12	14.10.2009	261,32
24.12.2008	369,97	10.3.2009	278,55	22.5.2009	229,00	4.8.2009	243,50	15.10.2009	265,59
26.12.2008	386,62	11.3.2009	272,87	25.5.2009	226,20	5.8.2009	247,38	16.10.2009	280,48
29.12.2008	399,28	12.3.2009	288,20	26.5.2009	235,07	6.8.2009	233,02	19.10.2009	284,69
30.12.2008	377,30	13.3.2009	275,79	27.5.2009	235,72	7.8.2009	228,84	20.10.2009	303,27
31.12.2008	362,06	16.3.2009	265,77	28.5.2009	253,87	10.8.2009	224,80	21.10.2009	304,15
2.1.2009	395,79	17.3.2009	265,62	29.5.2009	248,33	11.8.2009	218,50	22.10.2009	303,40
5.1.2009	408,89	18.3.2009	257,92	1.6.2009	269,72	12.8.2009	217,83	23.10.2009	336,12
6.1.2009	404,16	19.3.2009	280,83	2.6.2009	268,04	13.8.2009	207,27	26.10.2009	319,12
7.1.2009	381,94	20.3.2009	288,89	3.6.2009	244,61	14.8.2009	202,60	27.10.2009	326,87
8.1.2009	366,34	23.3.2009	296,79	4.6.2009	254,53	17.8.2009	195,63	28.10.2009	305,75
9.1.2009	364,11	24.3.2009	302,07	5.6.2009	252,26	18.8.2009	187,65	29.10.2009	301,97
12.1.2009	374,71	25.3.2009	304,19	8.6.2009	242,51	19.8.2009	189,51	30.10.2009	295,42
13.1.2009	356,87	26.3.2009	273,07	9.6.2009	245,49	20.8.2009	177,16	2.11.2009	282,68
14.1.2009	346,16	27.3.2009	262,31	10.6.2009	239,52	21.8.2009	169,51	3.11.2009	286,08
15.1.2009	348,57	30.3.2009	269,00	11.6.2009	258,24	24.8.2009	178,47	4.11.2009	271,62
16.1.2009	333,76	31.3.2009	265,52	12.6.2009	255,12	25.8.2009	197,34	5.11.2009	279,97
19.1.2009	336,43	1.4.2009	256,71	15.6.2009	274,31	26.8.2009	199,06	6.11.2009	269,37
20.1.2009	345,91	2.4.2009	256,64	16.6.2009	266,33	27.8.2009	193,70	9.11.2009	268,06
21.1.2009	350,11	3.4.2009	256,41	17.6.2009	274,35	28.8.2009	186,19	10.11.2009	258,69
22.1.2009	337,36	6.4.2009	247,70	18.6.2009	260,07	31.8.2009	180,44	11.11.2009	263,43
23.1.2009	336,96	7.4.2009	243,70	19.6.2009	258,35	1.9.2009	171,96	12.11.2009	260,93
26.1.2009	325,88	8.4.2009	250,73	22.6.2009	249,24	2.9.2009	164,80	13.11.2009	258,58
27.1.2009	322,10	9.4.2009	245,31	23.6.2009	246,83	3.9.2009	150,45	16.11.2009	273,76
28.1.2009	311,97	13.4.2009	249,19	24.6.2009	237,67	4.9.2009	164,66	17.11.2009	265,51
29.1.2009	328,51	14.4.2009	251,84	25.6.2009	244,18	7.9.2009	157,40	18.11.2009	252,37
30.1.2009	324,68	15.4.2009	256,30	26.6.2009	255,89	8.9.2009	169,41	19.11.2009	259,90
2.2.2009	345,00	16.4.2009	249,77	29.6.2009	245,70	9.9.2009	169,10	20.11.2009	262,57
3.2.2009	340,89	17.4.2009	261,68	30.6.2009	240,50	10.9.2009	193,28	23.11.2009	263,28
4.2.2009	348,42	20.4.2009	251,21	1.7.2009	237,90	11.9.2009	175,27	24.11.2009	279,60
5.2.2009	349,30	21.4.2009	250,01	2.7.2009	228,82	14.9.2009	198,22	25.11.2009	298,53
6.2.2009	357,89	22.4.2009	250,36	3.7.2009	229,43	15.9.2009	195,31	26.11.2009	302,16
9.2.2009	349,89	23.4.2009	237,62	6.7.2009	220,45	16.9.2009	220,08	27.11.2009	305,53
10.2.2009	332,97	24.4.2009	224,51	7.7.2009	215,40	17.9.2009	200,65	30.11.2009	287,16
11.2.2009	343,96	27.4.2009	225,04	8.7.2009	214,00	18.9.2009	218,69	1.12.2009	277,65
12.2.2009	341,79	28.4.2009	242,31	9.7.2009	216,15	21.9.2009	208,81	2.12.2009	270,19
13.2.2009	337,40	29.4.2009	229,36	10.7.2009	210,22	22.9.2009	213,64	3.12.2009	264,22
16.2.2009	333,33	30.4.2009	231,77	13.7.2009	205,99	23.9.2009	225,54	4.12.2009	274,42
17.2.2009	330,57	1.5.2009	242,70	14.7.2009	216,68	24.9.2009	231,82	7.12.2009	303,70
18.2.2009	329,43	4.5.2009	251,36	15.7.2009	203,74	25.9.2009	293,64	8.12.2009	313,57
19.2.2009	311,54	5.5.2009	247,18	16.7.2009	223,02	28.9.2009	286,73	9.12.2009	302,88
20.2.2009	312,85	6.5.2009	261,65	17.7.2009	225,89	29.9.2009	288,35	10.12.2009	330,02
23.2.2009	309,04	7.5.2009	279,15	20.7.2009	224,70	30.9.2009	284,14	11.12.2009	321,57
24.2.2009	318,26	8.5.2009	289,50	21.7.2009	224,44	1.10.2009	266,01	14.12.2009	335,58
25.2.2009	306,23	11.5.2009	288,34	22.7.2009	233,31	2.10.2009	279,10	15.12.2009	348,33
26.2.2009	308,58	12.5.2009	306,72	23.7.2009	225,98	5.10.2009	298,91	16.12.2009	342,40

17.12.2009	359,47
18.12.2009	363,13
21.12.2009	355,01
22.12.2009	357,71
23.12.2009	365,83
24.12.2009	356,08
28.12.2009	375,52
29.12.2009	366,96
30.12.2009	348,68
31.12.2009	344,86



## Příloha č. 2 Výplatní funkce bariérových opcí a portfolií

**Tab. 1 Výplata knock-in call opce a portfolio, min = 245, max = 390, B = 370**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	314	- 314	0	0	314	- 314
335	328	- 328	0	0	328	- 328
350	343	- 343	0	0	343	- 343
365	358	- 358	0	0	358	- 358
380	372	- 372	22	-22	350	- 350

**Tab. 3 Výplata knock-in call opce a portfolio, min = 293, max = 370, B = 370**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	314	- 314	0	0	314	- 314
335	328	- 328	0	0	328	- 328
350	343	- 343	0	0	343	- 343
365	358	- 358	0	0	358	- 358
380	372	- 372	22	-22	350	- 350

**Tab. 5 Výplata knock-in call opce a portfolio, min = 274, max = 348, B = 370**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	314	- 314	0	0	314	- 314
335	328	- 328	0	0	328	- 328
350	343	- 343	0	0	343	- 343
365	358	- 358	0	0	358	- 358
380	372	- 372	0	0	372	- 372

**Tab. 2 Výplata knock-out call opce a portfolio, min = 245, max = 390, B = 370**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	314	- 314	0	0	314	- 314
335	328	- 328	0	0	328	- 328
350	343	- 343	0	0	343	- 343
365	358	- 358	0	0	358	- 358
380	372	- 372	0	0	372	- 372

**Tab. 4 Výplata knock-out call opce a portfolio, min = 293, max = 370, B = 370**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	314	- 314	0	0	314	- 314
335	328	- 328	0	0	328	- 328
350	343	- 343	0	0	343	- 343
365	358	- 358	0	0	358	- 358
380	372	- 372	0	0	372	- 372

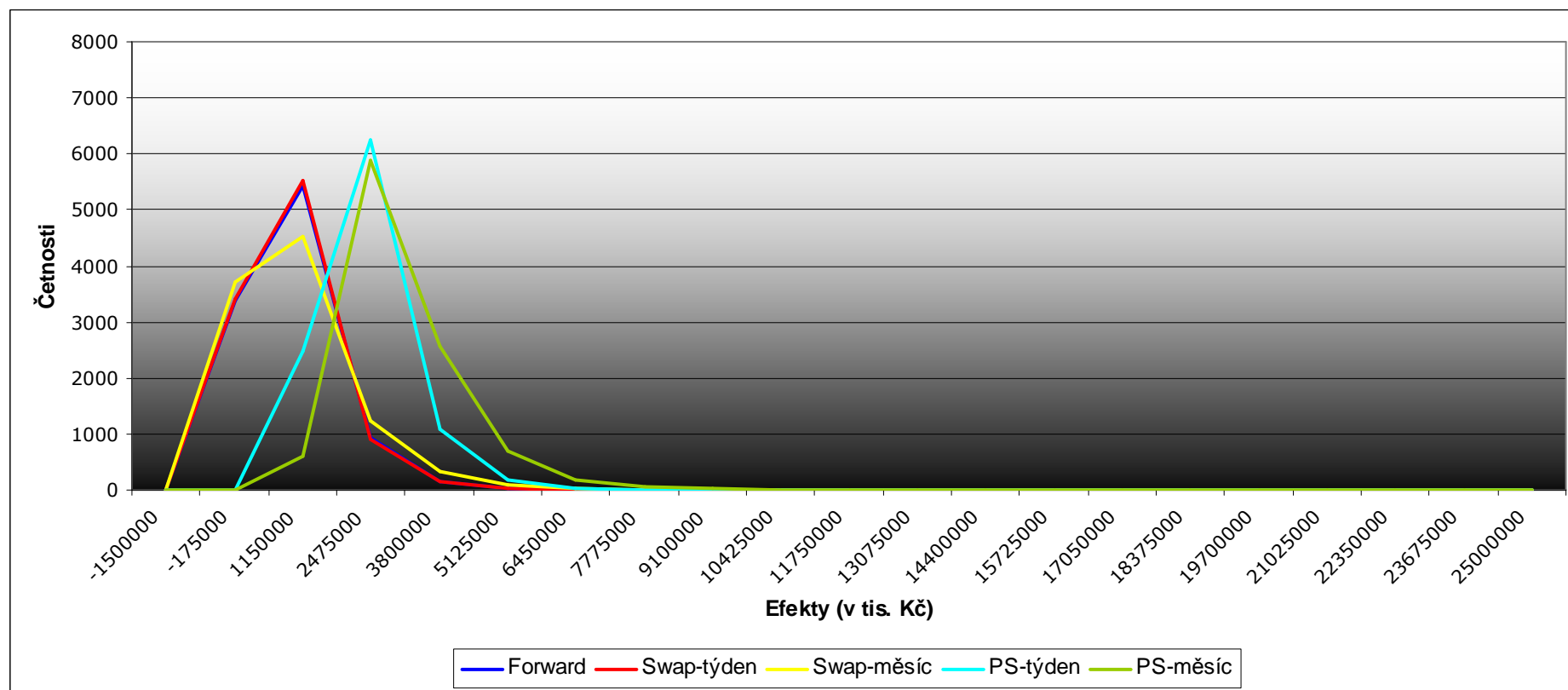
**Tab. 6 Výplata knock-out call opce a portfolio, min = 274, max = 348, B = 370**

Stav/ Pozice	Nákup aktiva S	Prodej aktiva S	Dlouhá pozice	Krátká pozice	Portfolio	
	$S_T$	$-S_T$	$c_T$	$-c_T$	$\Pi_T = S_T - c_T$	$\Pi_T = -S_T + c_T$
320	314	- 314	0	0	314	- 314
335	328	- 328	0	0	328	- 328
350	343	- 343	0	0	343	- 343
365	358	- 358	8	-8	350	- 350
380	372	- 372	0	0	372	- 372

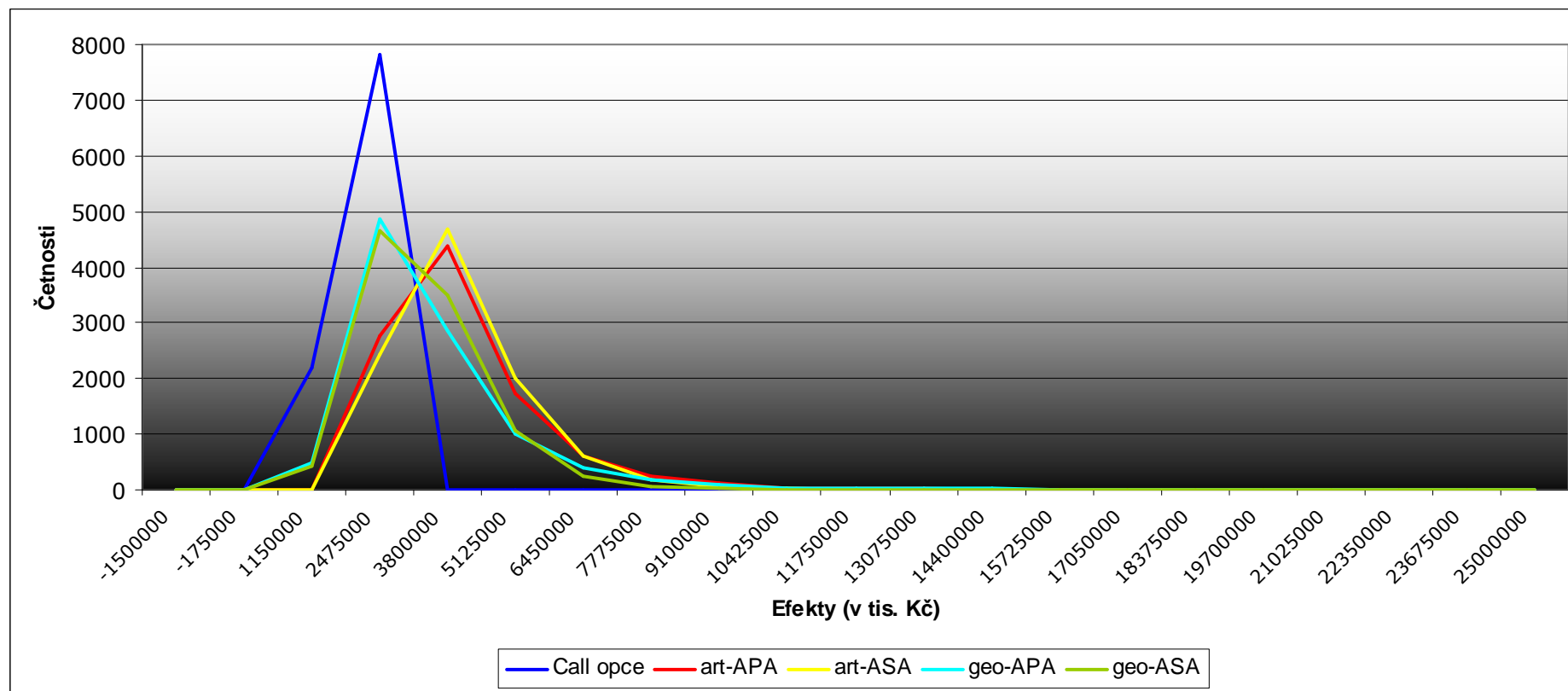
**Příloha č. 3 Vývoj cen opcí k poslednímu dni v měsíci (v Kč)**

<b>Datum</b>	<b>31.1.2010</b>	<b>28.2.2010</b>	<b>31.3.2010</b>	<b>30.4.2010</b>	<b>31.5.2010</b>	<b>30.6.2010</b>	<b>31.7.2010</b>	<b>31.8.2010</b>	<b>30.9.2010</b>	<b>31.10.2010</b>	<b>30.11.2010</b>	<b>31.12.2010</b>
<b>c</b>	127,05	126,48	125,92	125,35	124,78	124,22	123,66	123,10	122,54	121,99	121,41	120,354
<b>c<sup>geo</sup></b>	31,52	30,56	29,60	28,65	27,70	26,75	25,82	24,88	23,95	23,03	22,06	20,323
<b>c<sup>art</sup></b>	32,90	32,65	32,41	32,18	31,94	31,70	31,46	31,22	30,99	30,75	30,50	30,059
<b>c<sub>do</sub></b>	45,01	44,59	44,18	43,76	43,34	42,92	42,50	42,08	41,65	41,23	40,78	39,97
<b>c<sub>di</sub></b>	82,05	81,89	81,74	81,59	81,45	81,30	81,16	81,02	80,89	80,76	80,62	80,382
<b>c<sub>ui</sub></b>	34,44	34,18	33,92	33,65	33,39	33,12	32,86	32,59	32,32	32,05	31,77	31,25
<b>c<sub>uo</sub></b>	92,61	92,30	91,99	91,69	91,39	91,10	90,80	90,51	90,22	89,93	89,64	89,101

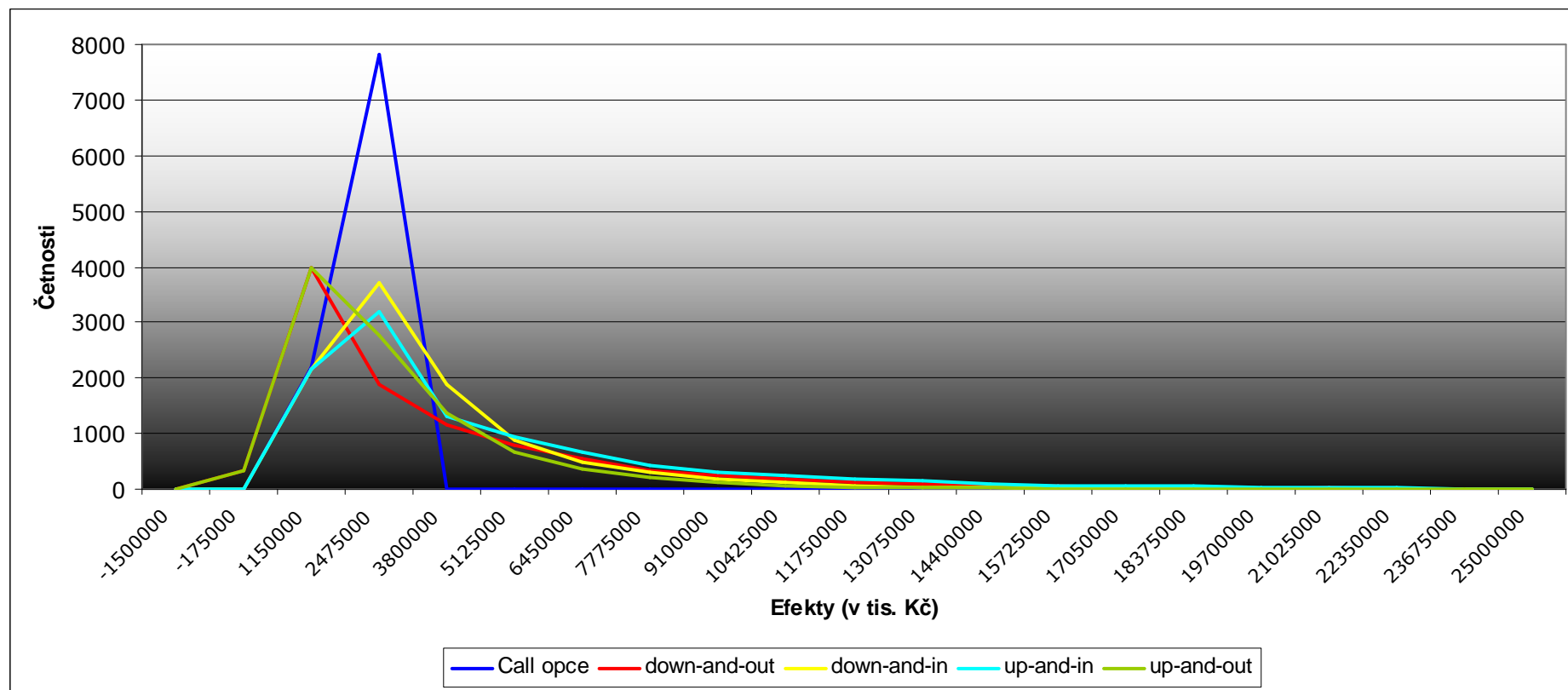
#### Příloha č. 4 Srovnání pasivní strategie, swapového kontraktu oba typy zajištění a forwardového kontraktu



## Příloha č. 5 Srovnání asijských opcí



## Příloha č. 6 Srovnání bariérových opcí



## Příloha č. 7 Srovnání call opce, forwardového kontraktu, týdenního swapového kontraktu a týdenní pasivní strategie

